

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2011

Tereza Cmíralová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**STRUKTURNÍ A MECHANICKÉ
VLASTNOSTI TKANIN PRO TEXTILNÍ SILA
A VAKY**
**STRUCTURAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF FABRICS FOR TEXTILE
SILOS AND BIGBAGS**

Liberec 2011

Tereza Cmíralová

P r o h l á š e n í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Velké poděkování patří především mému vedoucímu práce, panu Prof. Ing. Bohuslavovi Neckářovi, DrSc, za jeho cenné rady, postřehy, za jeho snahu a vstřícnost. Další velké díky patří paní ing. Ivě Mertové za čas, který mi věnovala při přípravě a vyhodnocení experimentu týkajícího se setkání nití ve tkanině. Děkuji také panu Prof. Ing. Radko Kovářovi, Csc, za skvělý přístup k výuce, která mi velice pomohla při psaní této práce. Dále děkuji týmu z laboratoří KTT, Tereze Jonášové a Janě Stránské za jejich velkou trpělivost při hledání vhodných metod pro mé experimenty a také Veronice Šafařové z KHT za ochotu a umožnění změření prodyšnosti tkanin.

Děkuji firmě INTABO za zakoupení zkušebních materiálů a za pokrytí většiny nákladů souvisejících s touto prací.

Děkuji také konzultantům v problematice zemědělských technologií. Zejména panu ing. Miloši Cmíralovi za skutečně vyčerpávající přednášky, které mi pomohly se trochu seznámit s problematikou skladování obilnin a dalšími zemědělskými technologiemi a za rady týkající se samotné práce a jejího zpracování a za čas který mi věnoval při hledání optimálních řešení v textilně-zemědělské problematice. Děkuji také panu ing. Jiřímu Novotnému za konzultace a velice trefné nápady a rady a za čas strávený pročítáním práce. Panu Kašparcovi, za rady ohledně pneumatických dopravníků.

V neposlední řadě děkuji také Zbyňku Novotnému svým rodičům a prarodičům za velkou morální podporu a podmínky, které mi vytvořili po celou dobu mého studia. A děkuji také všem vyučujícím na TUL, kteří berou svou práci vážně, a z jejichž hodin jsem odcházela s pocitem, že "to za to stálo".

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá strukturními a mechanickými vlastnostmi tkanin. Fakta vyplývající z teoretických znalostí vlastností tkanin, i získaná během experimentálních měření jsou aplikována na problematiku velkoobjemových vaků a především na problematiku textilních sil podle požadavků společnosti Intabo.

Při projektování velkoobjemových vaků dochází k mnoha nepřesnostem. Ty jsou způsobovány především nedostatečnou znalostí strukturního a mechanického chování tkanin při působení vnějších sil. Sil, které působí na velkoobjemové vaky během jejich používání je mnoho. Tato diplomová práce se zaměřuje na ty druhy strukturních a mechanických vlastností tkanin, které mohou být natolik ovlivněny vnějším silovým působením, že může být závažně ovlivněna funkčnost a bezpečnost velkoobjemových vaků. Sledované strukturní a mechanické vlastnosti tkanin byly voleny s ohledem na způsoby používání velkoobjemových vaků a požadavků na ně kladených.

V rešeršní části diplomové práce je analyzována problematika velkoobjemových vaků, způsob volby materiálu podle požadavků na vlastnosti konečného výrobku a charakteristika známých teoretických modelů k projektování sledovaných vlastností tkanin.

Experimentální část diplomové práce je založena na zpracování dat z laboratorních měření a jejich porovnání s teoretickými modely. Výsledky jsou diskutovány z hlediska přínosu do projektování tkanin a aplikovány v problematice velkoobjemových vaků. Testy jsou prováděny na tkaninách, u nichž je předpoklad využití k výrobě velkoobjemových vaků. Tyto tkaniny se vyznačují velkou pevností a mnohdy musela být hledána náhradní laboratorní řešení pro získání optimálních výsledků. K vybraným tkaninám byly získány původní osnovní a útkové nitě (před zatkáním). Na tomto základě byly provedeny testy míry setkání. Dále byla sledována tažnost a pevnost samotných přízí i tkanin, prodyšnost a pomocí BALL BURST TESTU odolnost tkanin při protlaku. Na experimentální zpracování navazuje statistické vyhodnocení výsledků a tam kde je to možné prověření shody známých teoretických modelů s realitou.

Abstract

This thesis deals with structural and mechanical properties of fabrics. Facts revenues resulting from a theoretical knowledge of the fabric, and obtained during the experimental measurements are applied to the issue of bulk bags and in particular on the issue of textile forces.

When designing bulk bags there are many inaccuracies. These are mainly caused by lack of knowledge of structural and mechanical behavior of fabrics when exposed to external forces. Forces acting on the bulk bags in use are many. This thesis focuses on those types of structural and mechanical properties of fabrics that can be so influenced by an external force-effects that can seriously affect performance and safety of bulk bags. Monitored the structural and mechanical properties of fabrics were selected with respect to the use of bulk bags and the requirements imposed upon them.

The search is part of the thesis analyzed the problem of bulk bags, voting materials as required for the final product properties and characteristics of known theoretical models for the observed properties of fabric design.

Experimental part of this thesis is based on processing data from laboratory measurements and their comparison with theoretical models. Results are discussed in terms of contributing to the design of fabrics and applied issues in bulk bags. Tests are performed in the fabric, which is an ideal place to manufacture bulk bags. These fabrics are characterized by great strength, often had to be sought alternative solutions for the laboratory to obtain optimal results. The fabrics were selected from the original warp and weft threads (before zatkáním). On this basis, testing level meetings. Further, the observed ductility and strength of their own yarns and fabrics, and permeability using BALL BURST TEST resistant fabrics with sauce. The experimental process followed by statistical evaluation and verification of compliance with the known theoretical models of reality.

Klíčová slova

velkoobjemový vak

strukturní a mechanické vlastnosti tkanin

tkanina

nit

setkání

pevnost

tažnost

prodyšnost

Keywords

bulk bag

structural and mechanical properties of fabrics

fabric

thread

meeting

strength

elongation

permeability

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Velkoobjemové vaky	14
2.1 Využití velkoobjemových vaků	14
2.2 Druhy velkoobjemových vaků	16
2.2.1 Big Bag	16
2.2.1.1 Konstrukční provedení big bagů	17
2.2.1.2 Manipulace s big bagy	20
2.2.2 Textilní síla	22
2.2.2.1 Konstrukční provedení textilního síla	23
3. Strukturní a mechanické vlastnosti tkanin textilního síla	26
3.1 Strukturní vlastnosti nití a tkanin pro textilní sílo	26
3.1.1 Délka vláken	26
3.1.2 Délková hmotnost	26
3.1.3 Průměr nitě	27
3.1.4 Vazba tkaniny	29
3.1.5 Dostava tkaniny	29
3.1.6 Zakrytí tkaniny	29
3.2 Mechanické vlastnosti tkanin pro textilní sílo	31
3.2.1 Pevnost tkanin	31
3.2.2 Setkání	32
3.2.3 Tažnost tkaniny	37
3.2.4 Průtlak	40
3.2.5 Prodyšnost	44
4. experiment	48
4.1 Výběr materiálu	48
4.1.1 Polyamidová vlákna	48
4.1.2 Výběr tkanin	49
4.2 Potřebná pevnost tkaniny v síle, výběr síla a tkanin	52

4.3	Experimentální metody a výsledky	57
4.3.1	Pevnost tkanin	57
4.3.1.1	Princip zkoušky.....	57
4.3.1.2	Příprava vzorků.....	57
4.3.1.3	Průběh zkoušky.....	58
4.3.1.4	Zpracování výsledků.....	58
4.3.2	Setkání	61
4.3.2.1	Princip zkoušky.....	61
4.3.2.2	Příprava vzorků.....	61
4.3.2.3	Průběh zkoušky.....	61
4.3.2.4	Zpracování výsledků.....	62
4.3.3	Tažnost	65
4.3.3.1	Princip zkoušky.....	65
4.3.3.2	Zpracování výsledků.....	65
4.3.4	Průtlak.....	68
4.3.4.1	Princip zkoušky.....	68
4.3.4.2	Příprava vzorků.....	68
4.3.4.3	Průběh zkoušky.....	69
4.3.4.4	Zpracování výsledků.....	69
4.3.5	Prodyšnost tkanin	73
4.3.5.1	Princip zkoušky.....	73
4.3.5.2	Příprava vzorků.....	73
4.3.5.3	Průběh zkoušky.....	74
4.3.5.4	Zpracování výsledků.....	74
4.	Závěr	78
	Bibliografie	Chyba! Záložka není definována.
	Seznam obrázků.....	82
	Seznam tabulek.....	83
	Příloha 1	84

Seznam použitých symbolů

symbol	název
m	hmotnost
ρ	hustota
S	plocha
V	objem
d	průměr
S_k	plocha kruhu
μ	zaplnění
o,u	indexy, osnova, útek
T	délková hmotnost (jemnost)
π	Ludolfovo číslo
D	dostava
p	rozteč nití v tkanině
F	síla
F_{tk}	pevnost tkaniny
F_n	pevnost nitě
K_{vp}	koeficient využití pevnosti
ε_l	poměrné prodloužení nitě
ε_h	poměrné prodloužení v čelistech
l	obecná délka nitě, vláken, atp.
l_o	původní délka nitě
l_v	délka kulového vrchlíku
h	obecná vzdálenost čelistí
h_o	upínací délka
Δl	prodloužení nitě
Δh	prodloužení v čelistech
λ	setkání
s	poměrné setkání
n	počet měření
P	tlak
Q	výkon
S_z	plocha zástěry
ε_{tk}	poměrné prodloužení tkaniny
r	průměr
t	délka tětiny

l_{tk}	délka protažené tkaniny
S_p	plocha pórů
z	zakrytí tkaniny
S_z	plocha zástěry
S_{pz}	plocha pórů v zástěře
p_s	tlak v síle
p_m	naměřená prodyšnost tkaniny
V_s	objem síla
V_t	objem těla síla
V_k	objem kónusu síla
v_t	výška těla síla
v_s	celková výška síla
v_k	výška kónusu síla
S_d	plocha dolní podstavy
S_h	plocha horní podstavy
e	šíře strany výsypky
a	šíře strany síla
tzv.	takzvané
atp	a tak podobně

1. ÚVOD

Tématem této diplomové práce jsou strukturní a mechanické vlastnosti tkanin pro textilní síla a vaky. Práce je zpracovaná pro potřeby společnosti Intabo zabývající se prodejem a částečnou výrobou zemědělských technologií. Textilní síla patří k nejobemnějším představitelům třídy velkoobjemových vaků. Velkoobjemové vaky se používají pro přepravu a (nebo) skladování všech sypkých hmot. Vyrábějí se v mnoha velikostech a z různých materiálů. Velkoobjemové vaky nalézají své využití snad ve všech průmyslových oborech. Pro svou nízkou hmotnost, cenu a další vlastnosti se stávají velice vyhledávanými. Avšak nedostatečná znalost strukturního a mechanického chování tkanin při působení vnějších sil z nich dělá značně nespolehlivé produkty. Tyto komplikace výrobci kompenzují malými objemy a nosností za použití mnohdy velmi pevných materiálů. Použití předimenzovaných materiálů jen zvyšuje ekonomickou náročnost konečného produktu. Je tedy zřejmé, že bližší poznání strukturních a mechanických vlastností tkanin představuje pro velkoobjemové vaky možnost zdokonalení. Dalším stadiem při projektování velkoobjemových vaků je zpracování informací o vlastnostech materiálu vedoucí k jejich správnému využití. Rešeršní část práce analyzuje stav velkoobjemových vaků na současném trhu. Popisuje jednotlivé druhy velkoobjemových vaků a jejich využití. Zabývá se také zhodnocením kladných a záporných vlastností velkoobjemových vaků. Jsou stanoveny podmínky pro jejich použití. Je určen vhodný materiál pro výrobu velkoobjemových vaků a jsou popsány teoretické vztahy pro přibližné určení základních vlastností materiálu podle požadavků na výsledný produkt. Je ověřena shoda mezi teoretickými a naměřenými výsledky. V rešeršní části je také popsána statistická metoda zpracování výsledků a práce s použitým softwarem. Další kapitola specifikuje přípravu experimentu. Získání vzorků a volbu přístrojů. Jsou popsány principy zkoušek. Vzhledem k typům materiálu bylo nutné se při provádění experimentu často odchýlit od předepsaných norem. Z toho důvodu jsou v této kapitole podrobně popsány podmínky a průběhy zkoušek.

V experimentální části jsou zpracovány výsledky z jednotlivých zkoušek. Je uvedeno statistické zpracování a porovnání výsledků s modelovými hodnotami. Výsledky jsou shrnuty v diskuzích a jsou z nich vyvozeny závěry, jejich přínosu a využití v problematice velkoobjemových vaků.

Závěr práce je věnován nashromážděným poznatkům z experimentu. Je

představen jejich přínos do současného poznání strukturních a mechanických vlastností textilií. Výsledky zkoušek jsou také porovnány s potřebami velkoobjemových vaků a jsou stanoveny možnosti využití zkoušených tkanin v této problematice.

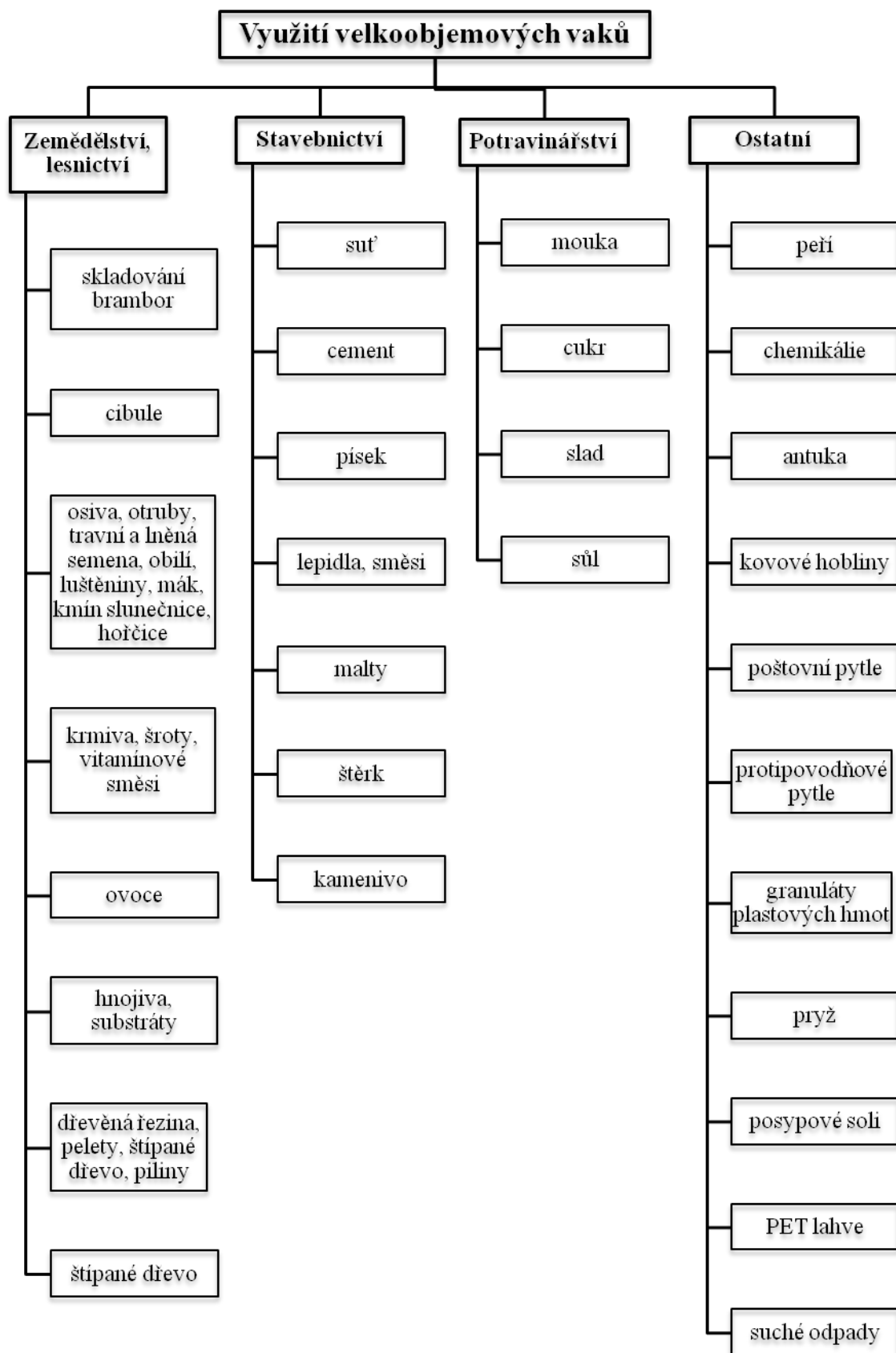
2. VELKOOBJEMOVÉ VAKY

Skládování sypkých materiálů v textilních vacích rozhodně není novinkou. V zemědělství se tento způsob více, či méně využívá již mnoho let. Patrně nejznámějším zástupcem jsou pytle na obilí a mouku používané ve mlýnech. Vzhledem k revolučnímu vývoji textilních technologií a údajů o textilních útvarech, dochází i k novým možnostem ve světě technického textilu. Velkoobjemové vaky zcela nepochybně patří do kategorie výrobků z technických textilií. Velkoobjemové vaky se stávají doslova hitem posledních let. Jejich skladovací vlastnosti jsou oproti dosavadním způsobům skladování zcela jedinečné. V problematice velkoobjemových vaků často známe pouze požadavky na konečný produkt. Dále známe podmínky, za jakých bude velkoobjemový vak používán a jakým vlivům bude vystavován. Často známe výkony plnicích, vyprazdňovacích a manipulačních technologií a také některé mechanické i strukturní vlastnosti skladovaných surovin (objemová hmotnost, sypný úhel, velikost zrna,...). Ve výsledku tedy hledáme takové textilie, konstrukce a způsoby zpracování, kde souhrn jejich vlastností zajistí funkční velkoobjemový vak odpovídající co nejlépe požadavkům investora.

2.1 Využití velkoobjemových vaků

Velkoobjemové vaky v podobě, v jaké se jimi bude zabývat tato diplomová práce, jsou využívány především pro skladování a přepravu většího množství sypkých nelepivých materiálů. Pod pojmem sypké materiály jsou myšleny všechny sypkoviny, granuláty a kusové materiály, které lze naskladnit a vyskladnit do vaků některou z kontinuálních dopravníkových technologií.

Velkoobjemové vaky se využívají v mnoha různých oborech. Jejich využití je velice variabilní a neustále se objevují nové a nové možnosti jak je uvedeno v obrázku 1. Podle literatury [1],[2].



Obrázek 1. Přehled využití velkoobjemových vaků

2.2 Druhy velkoobjemových vaků

Jak již bylo řečeno v kapitole 2.1 využívají se velkoobjemové vaky především ke skladování sypkých nelepivých materiálů. Jejich velká výhoda ale také spočívá ve snadné manipulaci s nimi. Manipulace probíhá pomocí vysokozdvížných a paletových vozíků. Není však potřeba použít pod vaky palety. Je možné vaky přemisťovat pomocí úchyťů, které jsou jejich součástí. Také výroba velkoobjemových vaků je v porovnání s ostatními skladovacími technologiemi poměrně snadná. Technologie jejich výroby se soustřeďuje především na způsoby spojování. Velkoobjemové vaky jsou vyráběny hlavně pomocí šitých švů, ale podle účelu použití se švy také podlepují, nebo svařují. Lepení nebo svařování, nebo jejich kombinace se šitím, se používá především pro vaky, kde je žádoucí jejich hydrofobita. Vzhledem k použití textilních materiálů pro výrobu velkoobjemových vaků je možné vyrábět různé druhy. Ty se liší především svým objemem, nosností, tvarem, plnicím a vyprazdňovacím aparátem. Velkoobjemové vaky je možné přizpůsobit téměř všem požadavkům uživatele. Požadavky se liší podle druhu skladované suroviny, způsobu manipulace a způsobu skladování. Velkoobjemové vaky můžeme rozdělit na dvě základní skupiny, které se od sebe liší svou podstatou. Jsou to *"big bagy"* a *"textilní síla"*.

2.2.1 Big Bag

Jsou to vaky, které slouží ke skladování materiálu, se kterým je plánováno nadále manipulovat. Sypký materiál jako je například obilí, cukr, mouka, mák, rýže nebo čočka je často distribuován na místo určení již v big bagu. Rozměry big bagu jsou přizpůsobovány potřebám odběratelů, skladování a manipulaci. Jejich výroba funguje na základě stavebnicového systému, kde si odběratel navolí typy jednotlivých částí vaku podle svých potřeb, na jejichž základě výrobce vak vyrobí. Pro usnadnění přepravy jsou rozměry vaků často přizpůsobovány normě ČSN 269105 Požadavky na palety pro mezinárodní přepravu. Jedná se především o půdorysný rozměr, díky kterému se omezují nevyužitá místa při přepravě v kontejnerech a nákladních autech. Big bagy se vyrábí nejčastěji do objemu 3 m³, nebo nosnosti 2500 kg. Big bagy je možné stohovat do pater na sebe. Podle použitého materiálu, konstrukčního provedení vaku a

skladované suroviny je možné je navrstvit až do 10 pater jak je vidět na příkladu na obrázku 2.



Obrázek 2 Ukázka skladování pomocí big bagů

Mezi hlavní výhody big bagů patří nízká pořizovací cena, mnoho možností konstrukčních provedení vaků, nízká hmotnost vaku, snadná skladovatelnost prázdných vaků, snadné čištění prázdných vaků, nebo recyklovatelnost. Recyklovatelnost je důležitým faktorem. Právě kvůli možnostem recyklace se pro výrobu big bagů často používají PP tkaniny. Takové vaky se po uplynutí doby použitelnosti recyklují, nebo pálí při teplotách vyšších než 500°C za uvolnění CO₂ a H₂O¹.

[1]

2.2.1.1 Konstrukční provedení big bagů

Každý vak se dělí na tři hlavní části, jejichž provedení se může lišit. Jsou to:

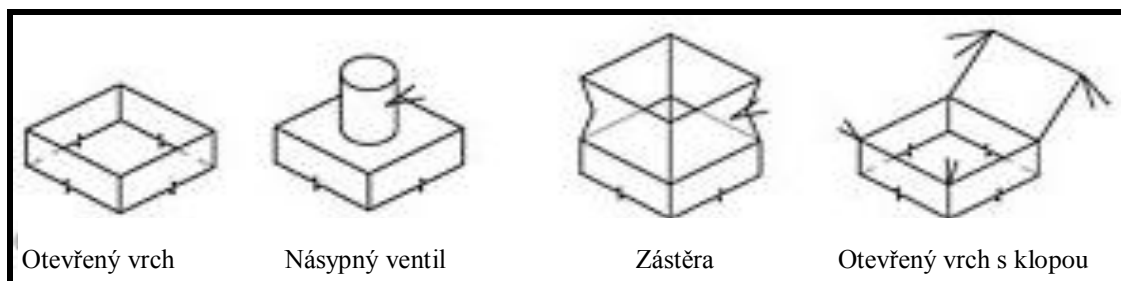
- násypná část, obrázek 3
- tělo, obrázek 4,5,6,7
- dno, obrázek 8

Každá tato část by měla být volena s ohledem na konečné využití vaku. Na možnosti odběratele ohledně manipulování, skladování, plnění a vyprazdňování. Dále se na každém vaku volí doplňující části. Jsou to popruhy pro manipulaci znázorněné na obrázku 9, kapsy na dokumenty, potisk, nebo barevné označení. Barevné označení

¹ Vaky ve kterých byly skladovány nebezpečné látky musí být likvidovány podle zvláštního režimu.

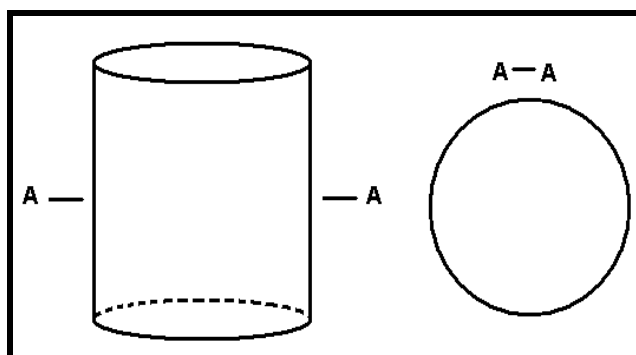
zajišťuje například použití vaku v chemickém průmyslu stále pro stejný typ chemikálie.

Provedení násypné části:



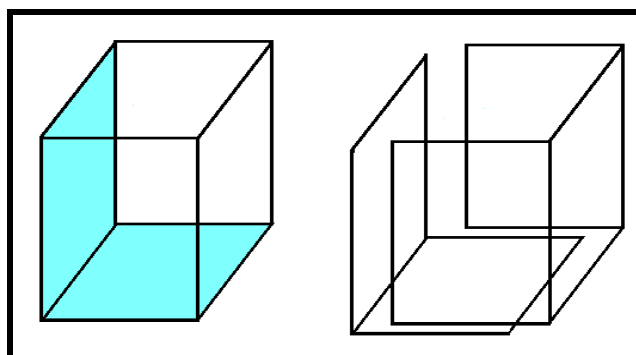
Obrázek 3 Možnosti provedení násypné části

Provedení těla vaku:



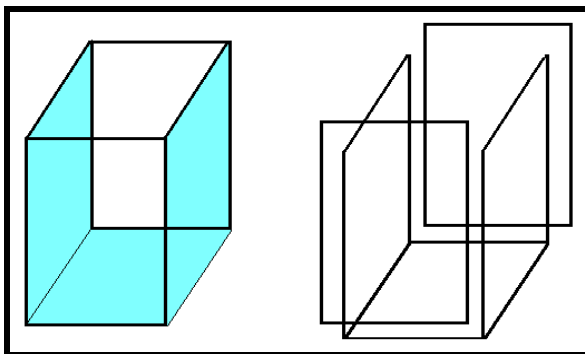
Obrázek 4 Provedení těla vaku- kruhový vak

Kruhový vak je tvořen dutinnou tkaninou. To zajišťuje tělo bez švů.



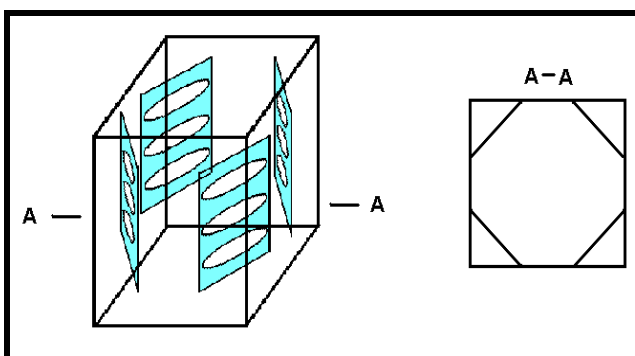
Obrázek 5 Provedení těla vaku- L- vak

L-vak je tvořen ze dvou částí . Šev vzniká po dvou stranách boků a třech stranách dna.



Obrázek 6 Provedení těla vaku- U- vak

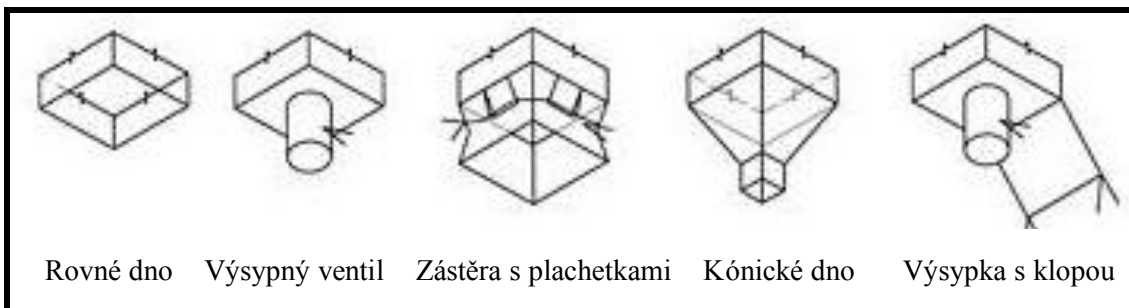
U-vak je tvořen ze tří částí. Šev vzniká po čtyřech stranách boků a dvou stranách dna.



Obrázek 7 Provedení těla vaku - Q- vak

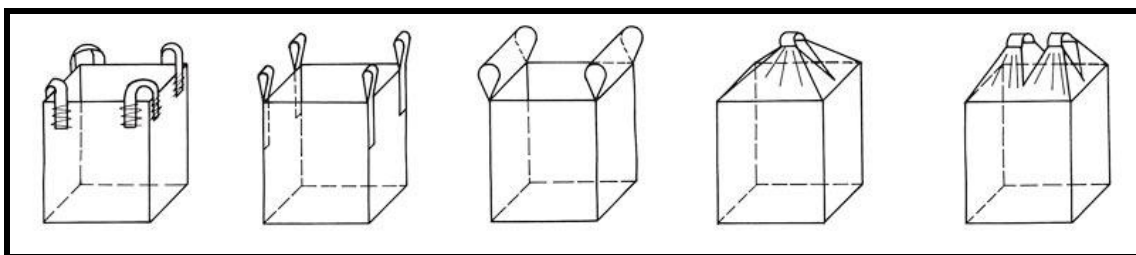
Q-vak je vyztužen vnitřní konstrukcí, která zajišťuje lepší stabilitu. Otvory ve vnitřní konstrukci zajišťují nezměněnou kapacitu vaku.

Provedení dna vaku:



Obrázek 8 Možnosti provedení dna

Manipulační popruhy vaku:



Obrázek 9 Možnosti provedení manipulačních popruhů

2.2.1.2 Manipulace s big bagy

Různá provedení big bagů umožňují různé způsoby manipulace. Vzhledem k prostorům, kde se big bagy převážně používají, se osvědčily konstrukce s manipulačními oky, pomocí kterých se s vakem dobře manipuluje bez potřeby palet jak je vidět na obrázku 10. S vaky se manipuluje pomocí vysokozdvížného vidlicového vozíku.



Obrázek 10 Manipulace s vaky

Toto řešení ale ovlivňuje šíři big bagů, jejichž oka musí odpovídat rozteči vidlic na vozíku. Další možností je umístění vaku na běžné dřevěné palety. V tomto případě ale hrozí kontaminace obsahu dřevěnými třískami, nebo porušení vaku. Navíc musí být zajištěna stabilita vaku na paletě, například pomocí folie. To všechno ale podstatně zvyšuje cenu skladované suroviny. Příklad je uveden na obrázku 11.



Obrázek 11 Big bag na dřevěné paletě

V současné době jsou novinkou na trhu tzv. bezpaletové big bagy. Tyto vaky mají ve svém dnu včleněnou nosnou konstrukci principiálně podobnou paletám. Pomocí

této konstrukce je možné s vakem pracovat jako by byl umístěn na běžné paletě. příklad takového vaku je na obrázku 12.[1]



Obrázek 12 Bezpaletový big bag

Nevýhodou tohoto systému je, že lze stohovat jen do čtyř pater. Přesto jsou jeho výhody natolik zajímavé, že je v současné době v popředí zájmu odběratelů.

2.2.2 Textilní sila

Jsou to textilní vaky, které slouží ke skladování sypkých zemědělských produktů. Jedná se zejména o obilniny, luštěniny, granuláty a šroty. Tyto vaky nahrazují ocelová sila a boxy. Textilní sila mají vlastní ocelovou konstrukci, na které je zavěšen vak. Textilní sila jsou stacionární, nemanipuluje se s nimi. Příklad textilních sil je na obrázku 13.

[3]



Obrázek 13 Textilní sila

Plnění i vyprazdňování je realizováno pomocí dopravních technologií. Tyto technologie se liší podle druhu dopravované suroviny a požadavků kladených na zbývající technologie. Textilní sila jsou vždy součástí složitého, uceleného systému. Je tedy potřeba, aby jejich napojení bylo možné na všechny druhy dopravních technologií. Textilní sila se v současné době vyrábí do nosnosti 24 tun. Součástí této práce bude snaha najít textilií a podmínky, za kterých by bylo možné zkonstruovat silo s nosností alespoň 30 tun a objemem cca 40 m³. Tato velikost odpovídá běžným požadavkům zemědělců.

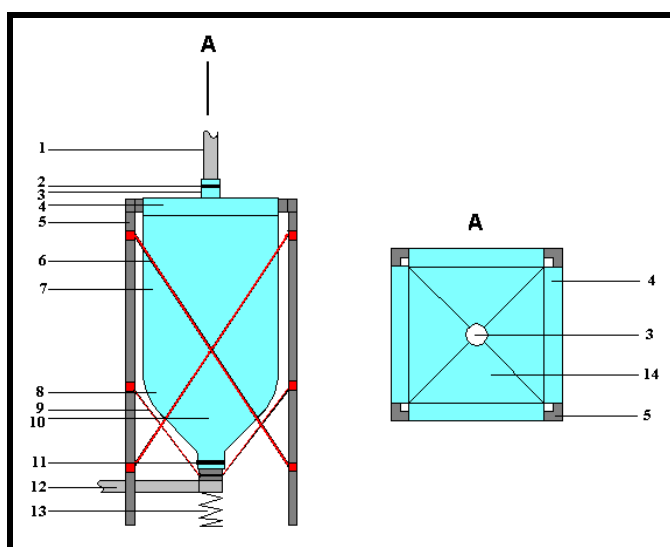
Textilní sila se zpravidla umísťují do krytých hal, aby se předešlo vystavování skladované suroviny povětrnostním vlivům. Je tedy zřejmé, že rozměry sila budou značně ovlivněny výškou haly, ve které jsou umístěny. Vzhledem ke známému požadovanému objemu sil je patrné, že výška sila ovlivňuje i šíři strany sila, spotřebu materiálu, technologické provedení a typ ocelové konstrukce. Pokud by bylo nutné snížit optimální výšku sila a tedy zvětšit jeho šířku, je třeba z hlediska úspory práce

počítat také s šíří materiálu, aby strany síla odpovídaly jejímu násobku. Pokud se však zvětší šíře síla, zvětší se také počet švů. S šíří síla však klesají požadavky na pevnost materiálu. Textilní síla je tedy vhodné navrhovat podle konkrétního případu.

2.2.2.1 Konstrukční provedení textilního síla

Konstrukční provedení síla se dělí z hlediska provedení vaku a provedení nosné konstrukce. Způsob provedení se volí s ohledem na potřeby odběratele.

Konstrukční provedení vaku se liší poměrem stran, jak již bylo řečeno výše, počtem švů a způsobem vypracování švů. Základní tvar síla však zůstává stejný. Schéma běžného textilního síla je na obrázku 14 podle literatury [4]



Obrázek 14 Schéma textilního síla

1) plnicí trubice; 2,11) svorka; 3,14) zástěra proti prachu; 4) závěsné tunely; 5) ocelová konstrukce; 6,9) usměrňovací opěry; 7) tělo vaku; 8) zaoblené rohy; 10) výsypný kónus; 12) vyskladňovací zařízení; 13) pružina

Plnicí trubice dopravuje surovinu do síla. Její průměr bývá 0,1 m. Je pevně obeprnuta koncem zástěry proti prachu. K plnění musí docházet kolmo k zemi, aby bylo omezováno tření suroviny o stěny vaku a opotřebovávání tkaniny. Např. pšeničná zrna mají velice vysokou hodnotu abrazivního chování. Její přesná hodnota není známá. Jsou však známé výsledky jejího chování. Pravdou je, že tento materiál je schopný při nasměrování dopadu na stěnu prodřít i ocelové sílo.

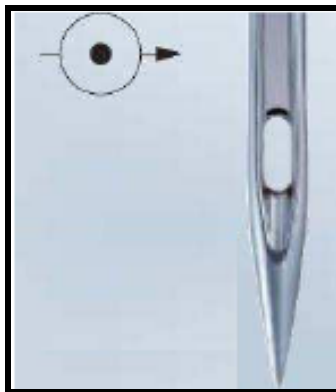
Zástěra proti prachu brání rozptýlení prachových částic do okolí. Má tvar komolého jehlanu. Vzhledem k umístění sil v uzavřeném prostředí hal, musí jejich

používání odpovídat hygienickým předpisům o prašném prostředí, jak je podrobněji popsáno v literatuře [5]. Prachové částice pocházející ze zemědělských surovin jsou označené jako "*velmi jemné*" a vytvářejí výbušné prostředí. Při provozu v tomto prostředí musí zařízení odpovídat směrnicí ATEX jak je uvedeno v literatuře [6], [7]

Tělo vaku tvoří zpravidla čtyři díly tvořící čtyři stěny. Tyto díly jsou podélně spojené šitím, popřípadě doplněné podlepením. Jednotlivé díly jsou tvarované a po spojení tvoří celek spolu s kónusem. V textilním silu je snaha vyvarovat se ostrých rohů, ve kterých by mohlo docházet k ulpívání zejména jemnějšího materiálu. Tělo silu tedy plynule přechází v kónus.

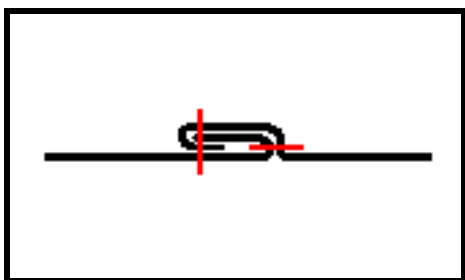
Kónus slouží ke kontinuálnímu přechodu suroviny z těla vaku k výsypce. Podle druhu suroviny se volí tzv. sypný úhel. Ten se pohybuje v rozmezí 40-60°. Čím větší tendenci ulpívat na vnitřním povrchu silu surovina má (například šrot, mouky,...) tím je třeba volit větší sypný úhel.

Švy jsou konvenčním způsobem spojování. Dochází k němu pomocí šicích strojů, šicích jehel a šicích nití. Při šití může dojít k porušení nitě jehlou, tzv. přeseknutí. To by mohlo závažně narušit funkčnost textilního silu. Je proto třeba volit jehlu se zaobleným hrotem, který bez problému spojí tkaninu, ale nepoškodí její nitě. Jeden z typů jehly se zaobleným hrotem je na obrázku 15.

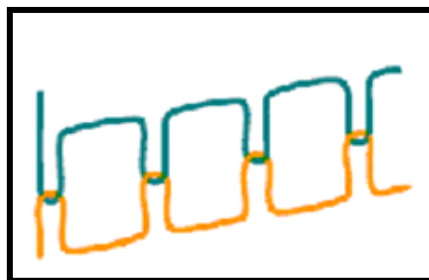


Obrázek 15 Jehla se zaobleným hrotem

Pro textilní silu byla jako nejvhodnější šev stanovena varianta přeplátovaného švu třídy 2 jak je zobrazeno na obrázku 16. Tento šev je velmi pevný, zabraňuje prokluzu nití a je zajištěný dvěma prošitími. Pro pevnost švu je samozřejmě také důležitá volba šicí nitě, správné seřízení stroje, volba jehly a délka stehu. Steh je volen základní dvounitý vázaný třídy 300, který je uveden na obrázku 17 podle literatury [8].



Obrázek 16 Přeplátovaný šev



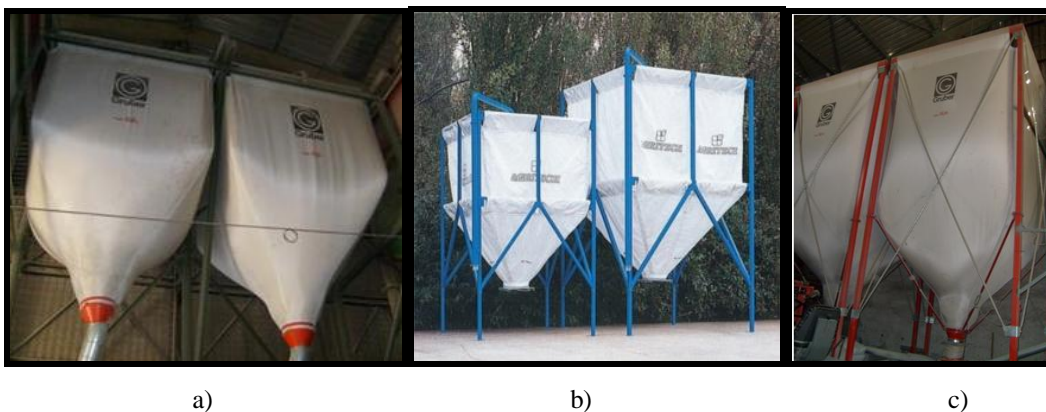
Obrázek 17 Dvounitný vázaný steh

Závěsné tunely slouží k zavěšení textilního síla na ocelovou konstrukci. Bývají z dvojitého materiálu po celé délce všech čtyř stran síla.

Typy textilních sil:

Je vyráběno několik základních typů textilních sil. Jedná se o závěsná síla, jako jsou na obrázku 18 a) visící na ocelovém rámu zpravidla vysoko u stropu haly. Tento typ se vyrábí jen do objemu 8 m³, tedy přibližně 12 t.

Dalším typem jsou textilní síla s kompletní ocelovou konstrukcí a pomocným závěsným tunelem v oblasti kónusu, který pomáhá stabilizovat vak jak je vidět na obrázku 18 b). Posledním druhem jsou textilní síla s kompletní ocelovou konstrukcí a usměrňovacími opěrami pro zajištění stability vaku. Jejich příklad je uveden na obrázku 18 c)). podle literatury [4], [3], [9]



Obrázek 18 Typy textilních sil

3. STRUKTURNÍ A MECHANICKÉ VLASTNOSTI TKANIN TEXTILNÍHO SILA

3.1 Strukturní vlastnosti nití a tkanin pro textilní silo

Strukturní vlastnosti pramení z vnitřního uspořádání celku². Struktura je nositelkou dalších vlastností. Bez jejího pochopení nejsme schopni pochopit ani chování zkoumaného celku, tím méně předpovídat jeho vlastnosti [10]. Strukturní vlastnosti textilních materiálů jsou často geometrickými vlastnostmi. Pro textilní sila jsou důležité především tyto strukturní vlastnosti:

3.1.1 Délka vláken

Pro textilní sila byly použity takové tkaniny, jejichž nitě jsou vyrobeny z nekonečných vláken. Pevnost nití z nekonečných vláken je závislá na jejich molekulových vazbách vláken. Vlákná samotná, jsou tedy v takovém případě nositeli pevnosti. Pevnost potom není závislá na prokluzu vláken, nebo na slabých místech v niti s menším počtem vláken. Obecně lze říci, že při zachování stejné jemnosti nitě a stejných vláken, bude pevnější nit z nekonečných vláken.

3.1.2 Délková hmotnost

Jinak nazývaná jemnost, značí se symbolem T . Délková hmotnost se stanovuje pro vlákna i nitě. Je definovaná jako poměr mezi hmotností definované délky nitě m [g] a definovanou délkou nitě l [km]. Definovaná délka nitě je obvykle 1 km. Vyjadřuje se vztahem (1) v textilních jednotkách [tex].

$$T = \frac{m}{l}$$

² ať už se jedná o vlákna, nitě, nebo plošné textilie, nebo úplně jiný celek.

(1)

Pokud není jemnost vlákna známá, lze ji vypočítat z průměru vlákna, jestliže jsou vlákna kruhového řezu. Lze ji také vypočítat z plochy průřezu, nebo stanovit experimentálně gravimetrickou, rezonanční, či pneumatickou metodou jak je uvedeno v literatuře [11]

Jemnost nití se stanovuje především gravimetrickou metodou, která je nejpřesnější a v případě nití nejrychlejší. Stanovená délka nitě se zváží a jemnost se dopočítá podle vtahu (1). Jemnost nitě na první pohled podává hrubou představu o vlastnostech nitě. Například o její tloušťce, ohebnosti, pevnosti, atp. Je zřejmé, že čím větší je délková hmotnost, tím je příze hrubší, má větší průřez, je méně ohebná. Hmotnost m je však závislá na hustotě materiálu ρ a objemu V (2).

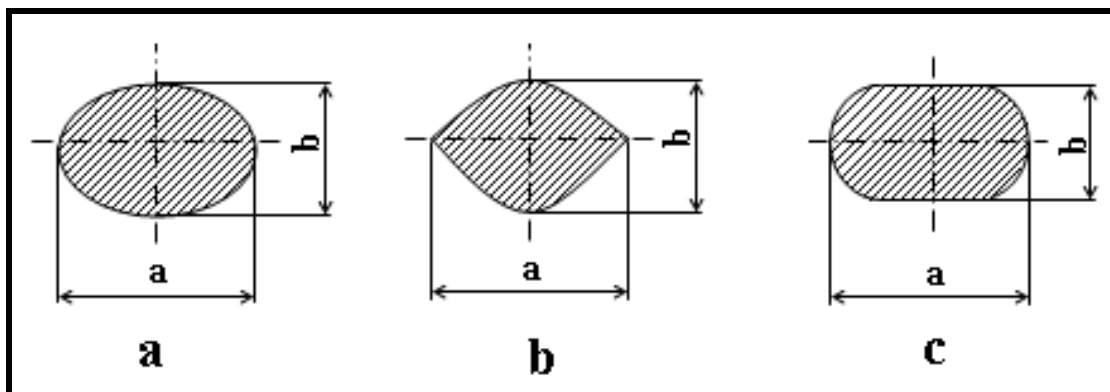
$$m = \rho V$$

(2)

Materiál, který má velkou hustotu, bude mít tedy větší délkovou hmotnost, při menším průřezu a naopak.

3.1.3 Průměr nitě

Průměr nitě je geometrická vlastnost, která vymezuje vzdálenost okrajů nitě v ose nitě. Je obtížně definovatelný a velmi důležitý pro další výpočty vlastností nití. Vychází z předpokladu, že příze v řezu má kruhový tvar. Není však vůbec snadné určit kde je okraj nitě, který onen tvar specifikuje. Díky způsobu výroby nití, uspořádání, délce a druhu vláken, typu a míře zákrutu je tvar řezu nitě ovlivněn mnoha faktory, které se jen nesnadno oddělují. Určit správný průměr nitě ztěžuje například chlupatost, nebo nestejnomyšernost nitě. Je třeba také pamatovat na to, že při různých využitích nitě může ztrácet kruhový charakter svého průřezu. Například deformace ve tkanině, pletenině, při výrobě lan atp. Pokud je zcela zřejmé, že průřez nitě je jiný než kruhový, můžeme se pokusit nahradit kruhový tvar jiným, pravděpodobnějším. Jedná se například o tvar elipsy, čocky, nebo oválu uvedených na obrázku 19.



Obrázek 19 Deformace průřezu nitě

Nejčastěji se však využívá tzv. substanční průměr. Je to průměr kruhového průřezu o stejné ploše, jakou má deformovaný tvar. Pro zjišťování průměru nití d se tedy využívá vztahu (7), který zjednodušuje problematiku průměru a předpokládá kruhový průřez nitě. Rovnice (3) až (6) uvádějí odvození vztahu (7)

Pro určení plochy kruhového průřezu nitě zvolíme všeobecně známý vztah pro plochu kruhu S_k :

$$S_k = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

Nejmenší možnou, tedy substanční plochu nitě S můžeme vyjádřit ze vztahu pro délkovou hmotnost (1), jak je uvedeno ve vztahu (4).

$$T = \frac{m}{l} = \frac{V\rho}{l} = \frac{Sl\rho}{l} = S\rho$$

$$S = \frac{T}{\rho} \quad (4)$$

Z rovnice (3) vyjádříme hodnotu d a dosazením rovnice (4) určíme substanční průměr nitě d_s .

$$d_s = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{T}{\rho}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}} \quad (5)$$

Substanční průměr příze je nejmenší možný průměr, který vylučuje přítomnost vzduchových pórů mezi vlákny nitě. Vzduchové póry se ale v niti vyskytují vždy. Proto je třeba substanční průměr zvětšit hodnotou zaplnění μ . Zaplnění definuje poměr mezi

substančním průměrem nitě a skutečným průměrem nitě.

Zaplnění nitě μ určíme tedy ze vztahu (6) a vyjádříme průměr nitě d zvětšený hodnotou μ :

$$\mu = \frac{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{d_s^2}{d^2} = \frac{\left(\sqrt{\frac{4T}{\pi\rho}}\right)^2}{d^2} \quad (6)$$

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad (7)$$

3.1.4 Vazba tkaniny

Je definována jako způsob, jakým jsou provázány nitě v tkanině. Limitní vazbou je plátňová vazba. V plátňové vazbě tvoří všechny křížící se úseky osnovy a útku vazný bod. Ve všech kříženích tedy dochází k provázání. Úsek, který neprovazuje, a jen volně přechází přes druhou nit, se nazývá flotážní úsek. S vazbou úzce souvisí další konstrukční parametry, například plošná hmotnost textilie, tloušťka, pórovitost, hustota (dostava osnovy a útku), změny délky nití (setkání)

3.1.5 Dostava tkaniny

Je definovaná jako počet osnovních, nebo útkových nití na jednotku délky textilie. Dostava má velký vliv na pevnost, prodyšnost, zakrytí, nebo tloušťku tkaniny.

3.1.6 Zakrytí tkaniny

Definuje se jako poměr plochy zakryté nití k celkové ploše textilie, nebo jejího vazného

prvku. Zakrytí je nejlépe stanovit pomocí všeobecně známého vztahu (8) jako součet ploch osnovních a útkových nití v jednotce plochy tkaniny, od které je odečtená plocha jedné soustavy nití ve vazných bodech, kde se nitě překrývají a je podělená plochou tkaniny.

$$z = D_o \cdot d_o + D_u \cdot d_u - (D_o \cdot D_u \cdot d_o \cdot d_u) \quad (8)$$

kde $D_{o,u}$ označuje dostavu a $d_{o,u}$ označuje průměr osnovních a útkových nití, podle literatury [10].

Poznámka: Zakrytí je bezrozměrná veličina, která se v praxi pro lepší přehlednost často vyjadřuje v procentech.

3.2 Mechanické vlastnosti tkanin pro textilní silo

Mechanické vlastnosti nití a tkanin jsou důsledkem jejich strukturních vlastností. Vymezuji výsledné chování nití a tkanin. Jsou odezvou na působení vnějších sil. Lze je rozdělit na deformační vlastnosti (pevnost, tažnost, odolnost proti oděru,...) a užité vlastnosti (prodyšnost, savost, hydrofobita,...).

Pro textilní sila jsou důležité především tyto mechanické vlastnosti:

3.2.1 Pevnost tkanin

Pevnost je definovaná jako síla potřebná k porušení textilie o určité šířce. Laboratorní zkoušení pevnosti tkanin upravuje norma [14]. Pevnost tkaniny je ovlivněna vlastnostmi nití, ze kterých je vyrobená, a hustotou tkaniny. Pevnost tkaniny ale neodpovídá pouhému součtu pevností nití ve směru namáhání.

Pevnost ovlivňuje také

- **nestejnoměrnost nitě**, ve tkanině se přetrhne jako první nejslabší nit.
- **tažnost nitě**, budou-li některé nitě méně tažné, přetrhnou se v tkanině dříve než ostatní
- **způsob namáhání nitě** při namáhání tkaniny je jiný, než při namáhání samotné nitě.
- **nestejnoměrnost struktury** tkaniny, nitě s menším setkáním, jsou rychleji nataženy na svou mez a dříve se přetrhnou.

Podle literatury [10]

Pro stanovení pevnosti tkaniny se dvěma soustavami nití (osnova a útek) existuje vztah (9) vycházející z pevnosti nití F_n a dostavy $D_{o,u}$, jak je uvedeno v literatuře [10]

$$F_{tk} = D_{o,u} \cdot F_n \cdot K_{pt} \quad (9)$$

Koeficient pevnosti tkaniny K_{pt} určený podle vztahu (10) zahrnuje vliv zatčení nitě, dostavy, atp.

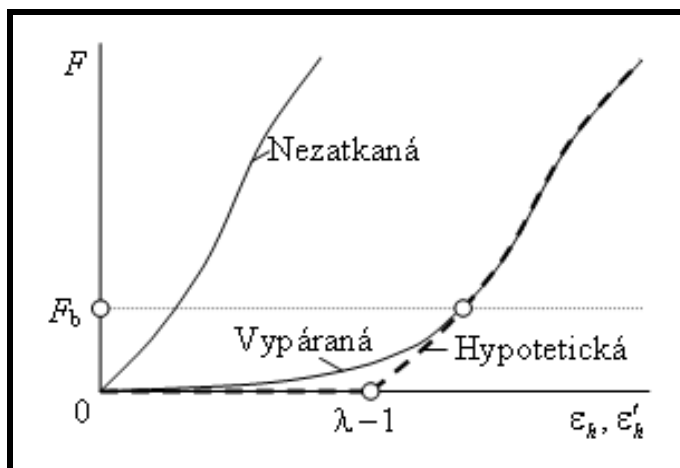
$$K_{pt} = \frac{F_{tk}}{D_{o,u} \cdot F_n} \quad (10)$$

3.2.2 Setkání

Setkání s tkaniny je důležité, pro výpočet tažnosti tkaniny, která hraje v konstrukci textilních vaků velkou roli. Je definované jako relativní zkrácení nitě jejím zvlněním po zatkání. Setkání je definované vztahem (11) jako poměr rozdílu délek protažené l a původní l_o nitě a původní délky nitě.

$$s = \frac{l - l_o}{l_o} \quad (11)$$

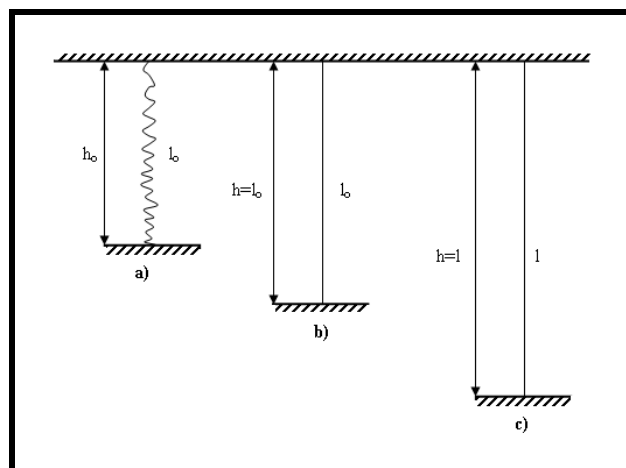
Zjistit délku nitě protažené na hranici, kde končí vliv setkání a začíná skutečné protažení nitě samotné, je téměř nemožné. Za tímto účelem byl panem Neckářem vyvinut model pro zjištění setkání z tahových křivek vypárané, zvlněné nitě z tkaniny a rovné nitě, jak je naznačeno v obrázku 20. [15]



Obrázek 20 Síla F v niti v závislosti na poměrném prodloužení v čelistech ε_h

Poté, co nevelká síla odstraní obloučky na vypárané niti, měl by se při vyšších silách F a při vhodné hodnotě λ průběh ztotožnit s křivkou "hypotetická", jak je znázorněno na grafu v obrázku 21. Je zřejmé, že křivky se mohou sjednotit pouze v oblasti sil $F > F_b$. Vhodnou hraniční hodnotu F_b je nutné určit na základě zkušenosti. Hodnota λ se určí podle následujícího postupu:

Vztahy vycházejí ze základních předpokladů zkoušení tažnosti nití, znázorněných na obrázku 21 jsou:



Obrázek 21 Průběh zkoušky tažnosti nití

- a) Počáteční stav.** Vypáraná nit z tkaniny o stejné délce jako je upínací délka čelistí h_0 je v čelistech volná a zvlněná a má délku l_0 . Prodloužení čelistí ε_h i prodloužení nitě ε_l je nulové.

Platí tedy:

$$\begin{aligned} h &= h_0 \rightarrow \varepsilon_h = 0 \\ l &= l_0 \rightarrow \varepsilon_l = 0 \\ F &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

- b) Narovnávaní nitě.** Čelisti se oddalují a dojde k narovnání zvlněné nitě. Nit není napjatá. Vzdálenost čelistí se změní na $h=l_0$

Platí tedy:

$$\begin{aligned} h &> h_0 \rightarrow \varepsilon_h > 0 \\ l &= l_0 \rightarrow \varepsilon_l = 0 \\ F &= 0 \\ h &\in (h_0; h = l_0); \Delta l \in (h_0 - h_0; l_0 - h_0) = (0; \Delta l); \varepsilon_h \in \left(0; \frac{l_0}{h_0} - 1\right) \end{aligned} \quad (13)$$

- c) Napínání nitě.** Čelisti se oddalují, nit se napíná, délka niti se mění na $l=h$

Platí tedy:

$$\begin{aligned} h &> h_0 \rightarrow \varepsilon_h > 0 \\ l &> l_0 \rightarrow \varepsilon_l > 0 \end{aligned}$$

$$F > 0 \quad (14)$$

Z obecných podmínek je zřejmý vztah (15) pro poměrné prodloužení nitě ε_l :

$$\varepsilon_l = \frac{l}{l_o} - 1 \quad (15)$$

l_o je známé, ale l je neznámá hodnota. Vztah pro vyjádření l získáme ze vztahu (16) pro poměrné prodloužení v čelistech:

$$\varepsilon_h = \frac{h}{h_o} - 1 \quad (16)$$

Podle obrázku 21. c, je $l=h$. vztah tedy můžeme přepsat na

$$\varepsilon_h = \frac{l}{h_o} - 1 \quad (17)$$

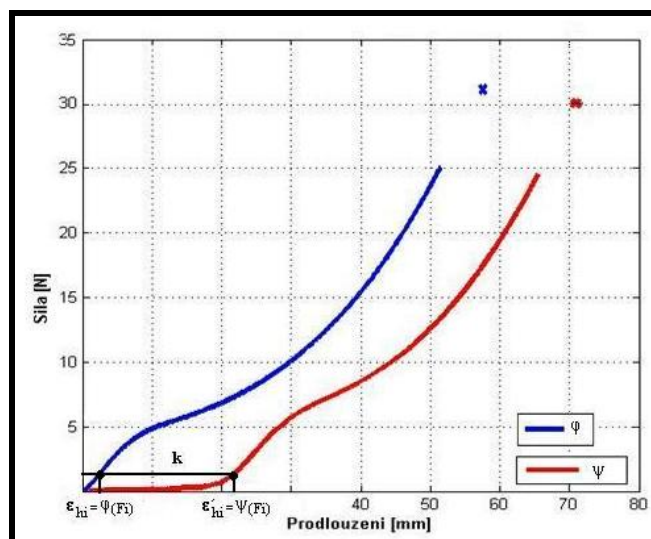
Pro určení l tedy použijeme vztah

$$l = h_o \cdot (\varepsilon_h + 1) \quad (18)$$

Po dosazení vztahu (18) pro l do vztahu (17) získáme:

$$\varepsilon_l = \frac{h_o \cdot (\varepsilon_h + 1)}{l_o} - 1 = (\varepsilon_h + 1) \cdot \frac{h_o}{l_o} - 1 \quad (19)$$

Mějme tedy průměrnou tahovou křivku rovné a vypárané nitě. Funkci rovné nitě pojmenujme φ a funkci zvlněné nitě ψ . V grafu obrázku 22 je ukázaná průměrná tahová křivka rovné a setkané nitě a jejich pojmenování.



Obrázek 22 Příklad průměrné tahové křivky rovné a setkané nitě tkaniny později označené č. 4.

Z grafu vyplývá že:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{li} &= \varepsilon_{hi} = \varphi(F_i) \\ \varepsilon_{hi} &= \varepsilon'_{hi} = \psi(F_i)\end{aligned}\quad (20)$$

Potom podle rovnice (19) platí vztah (21) pro poměrné prodloužení nitě v čelistech:

$$\begin{aligned}(\varepsilon_h + 1) \cdot \frac{h_o}{l_o} - 1 &= \varepsilon_l \\ (\varepsilon_{hi} + 1) \cdot \frac{h_o}{l_o} - 1 &= \varphi(F_i) \\ \varepsilon_{hi} + 1 &= [\varphi(F_i) + 1] \cdot \frac{l_o}{h_o} \\ \varepsilon_{hi} &= [\varphi(F_i) + 1] \cdot \frac{l_o}{h_o} - 1\end{aligned}\quad (21)$$

Dále vymezíme vztah pro hodnotu λ :

$$\frac{l_o}{h_o} = \lambda \quad (22)$$

Platí tedy:

$$\varepsilon_{hi} = [\varphi(F_i) + 1] \cdot \lambda - 1 \quad (23)$$

Parametr k , tedy nejvhodnější hodnotu λ stanovíme pomocí statistické regrese. Budeme požadovat, aby součet kvadrátů odchylek k byl minimální.

$$k = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{hi} - \varepsilon'_{hi})^2 = \min \quad (24)$$

Použitím vztahů (19) a (23) v (24) nalezneme:

$$\varepsilon_{hi} - \varepsilon'_{hi} = [\varphi(F_i) + 1] \cdot \lambda - 1 - \psi(F_i) = [\varphi(F_i) + 1] \cdot \lambda - [\psi(F_i) + 1] \quad (25)$$

A kvadrát rozdílu vyjádříme vztahem (26)

$$\begin{aligned} [(\varepsilon_{hi} - \varepsilon'_{hi})^2]' &= \{[\varphi(F_i) + 1] \cdot \lambda - [\psi(F_i) + 1]\}^2 \\ &= [\varphi(F_i) + 1]^2 \cdot \lambda^2 - 2[\varphi(F_i) + 1]\lambda \cdot [\psi(F_i) + 1] + [\psi(F_i) + 1]^2 \end{aligned} \quad (26)$$

Sumu kvadrátů rozdílu všech hodnot tedy určíme ze vztahu (27):

$$\begin{aligned} S = \sum_i^n (\varepsilon_{hi} - \varepsilon'_{hi})^2 &= \lambda^2 \sum_i^n [\varphi(F_i) + 1]^2 - 2\lambda \sum_i^n \{[\varphi(F_i) + 1] \cdot [\psi(F_i) + 1]\} \\ &\quad + \sum_i^n [\psi(F_i) + 1]^2 \end{aligned} \quad (27)$$

Pro minimum součtu S musí být splněna podmínka $dS/d\lambda = 0$. Derivováním rovnice (35) tak nalezneme:

$$\frac{dS}{d\lambda} = 2\lambda \sum_i^n [\varphi(F_i) + 1]^2 - 2 \sum_i^n \{[\varphi(F_i) + 1] \cdot [\psi(F_i) + 1]\} = 0 \quad (28)$$

Z rovnice (28) je dále vyjádřena hodnota λ :

$$\lambda = \frac{2 \sum_i^n \{[\varphi(F_i) + 1] \cdot [\psi(F_i) + 1]\}}{2 \sum_i^n [\varphi(F_i) + 1]^2} = \frac{\sum_i^n \{[\varphi(F_i) + 1] \cdot [\psi(F_i) + 1]\}}{\sum_i^n [\varphi(F_i) + 1]^2} \quad (29)$$

Nalezením λ z rovnice (29) můžeme určit hodnotu setkání, kde poměr l_o/h_o je již známé podle vztahu (22), kde h_o je délkou tkaniny a l_o je délka nitě ve tkanině. Hodnotu setkání s určíme z rovnice (30).

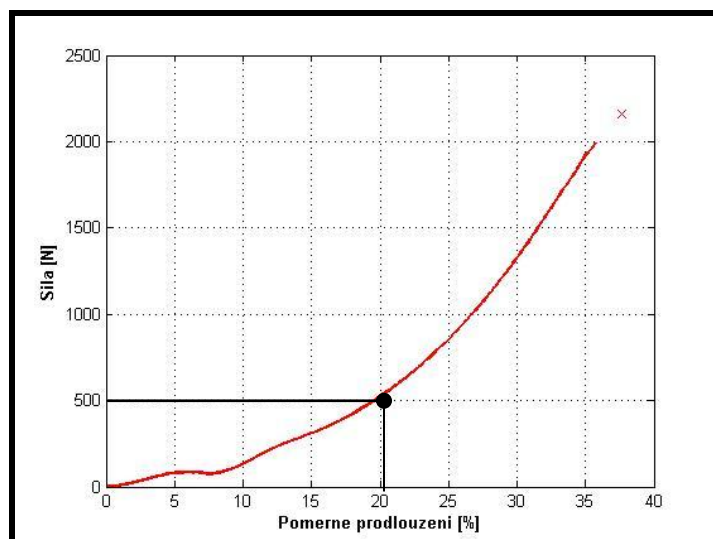
$$s = \frac{l_o - h_o}{h_o} = \frac{l_o}{h_o} - 1 = \lambda - 1 \quad (30)$$

3.2.3 Tažnost tkaniny

Tažnost je definovaná jako prodloužení textilie do porušení.

a) Tažnost vyplývající z potřeb pevnosti textilních sil

U textilních vaků se setkáváme se závažným problémem pramenícím z pružnosti tkanin. Při plnění dochází k tvarovým změnám vaku. Vzhledem k usměrňovacím opěrám (obr 14/7) dochází převážně ke změnám ve svislém směru, k prodlužování. S pohybem vaku dochází i k pohybu vyskladňovacího zařízení (obr 14/8), které musí být připojeno k výsypce vaku (obr 14/5). Toto zařízení je dlouhé i několik metrů a zpravidla se napojuje na další technologie. Pohyb vaku ho tedy může i vážně poškodit. Tento nežádoucí účinek tkanin je do jisté míry eliminován pružinou, která dodává vyprazdňovacímu zařízení určitou, i když stále omezenou pohyblivost. Bylo by žádoucí, aby se vak ve své délce protáhl maximálně o délku cca 0,5 m. Proto při volbě vhodného materiálu hledáme požadovanou pevnost tkaniny v závislosti na hodnotách protažení materiálu. Tak nedochází k pořizování tkanin s pevností, která nemůže být dostatečně využita, jak naznačuje obrázek 23.

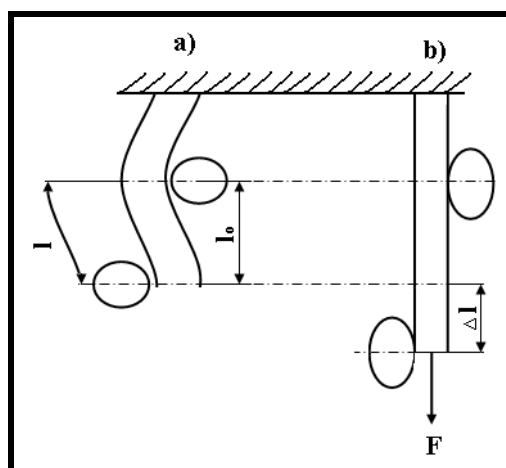


Obrázek 23 Příklad hledání prodloužení tkaniny pro silo s požadovanou pevností 512 N

b) Tažnost vyplývající z potřeb struktury tkanin

Tažnost tkaniny je ovlivněna tažností nití, ze kterých je vyrobena, dostavou tkaniny, i setkáním. Pro určení tažnosti tkaniny existuje vztah vycházející z předpokladu, že nit se při napínání ve vazbě před poškozením zcela narovná. To je reálné vzhledem k možnosti deformace průřezu nitě. Dalším předpokladem je protažení nitě na mez tažnosti. Tento předpoklad je použit pro zjednodušení, neboť vlivem nestejnoměrnosti pevnosti, tažnosti, průměru atp. se textilie poruší s nejslabší nití³.

Mějme tedy nit ve vazném prvku před napětím l obrázek 24 a) a nit ve vazném prvku protaženou o hodnotu Δl (obr.24 b).



Obrázek 24 Nit ve vazném prvku, napínání ve směru osy

³ je důležité si uvědomit, že porušením jedné nitě nedochází k zborcení celé tkaniny. Taková tkanina může nadále přenášet i větší síly.

Relativní prodloužení nitě je definované známým vztahem (31)

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{l}{l_o} - \frac{l_o}{l_o} = \frac{l}{l_o} - 1 \quad (31)$$

Relativní délka prodloužené nitě je tedy

$$\frac{l}{l_o} = \varepsilon_l + 1 \quad (32)$$

Z předešlé rovnice (32) úpravou zjistíme hodnotu l jak je uvedeno v (33)

$$l = l_o \cdot (1 + \varepsilon_l) \quad (33)$$

Vztahem (34) definujeme dostavu tkaniny. Jedna nit ve tkanině, zaujímá přibližně tolik místa, kolik je rozteč mezi dvěma následujícími nitěmi. Tato vzdálenost je označena symbolem l_o . Dostava určuje počet nití na jednotku délky.

$$D_u = \frac{1}{l_o} \quad (34)$$

Relativní tažnost tkaniny ε_{tk} se určí stejným způsobem, jako relativní tažnost nitě (31). Po dosazení (33) do vztahu (31) a po potřebných úpravách vyvodíme vztah (35) pro určení tažnosti tkaniny ε_{tk} .

$$\varepsilon_{tk} = \frac{l \cdot (1 + \varepsilon_l) - l_o}{l_o} = \frac{1}{l_o} \cdot l \cdot (1 + \varepsilon_l) - \frac{l_o}{l_o} = D_u \cdot l \cdot (1 + \varepsilon_l) - 1 \quad (35)$$

Hodnota l je obtížně zjistitelná. Relativní tažnost tkaniny lze určit i ze vztahu (36) poměr l/l_o lze totiž snadno zjistit ze vztahu (11) v případě, že známe setkání tkaniny s .

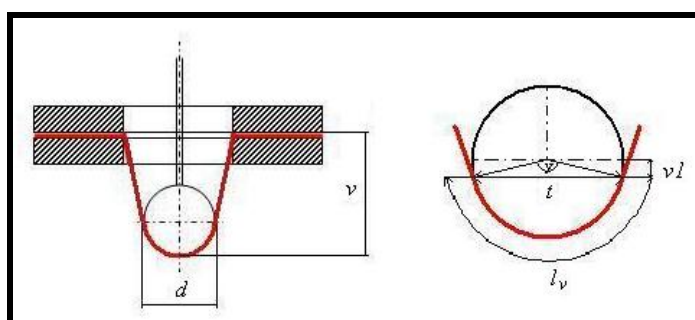
[10]

$$\varepsilon_{tk} = \frac{l \cdot (1 + \varepsilon_l) - l_o}{l_o} = \frac{l}{l_o} \cdot (1 + \varepsilon_l) - \frac{l_o}{l_o} = (s + 1) \cdot (1 + \varepsilon_l) - 1 \quad (36)$$

Analogicky vztahy platí i pro tažnost ve směru útku.

3.2.4 Průtlak

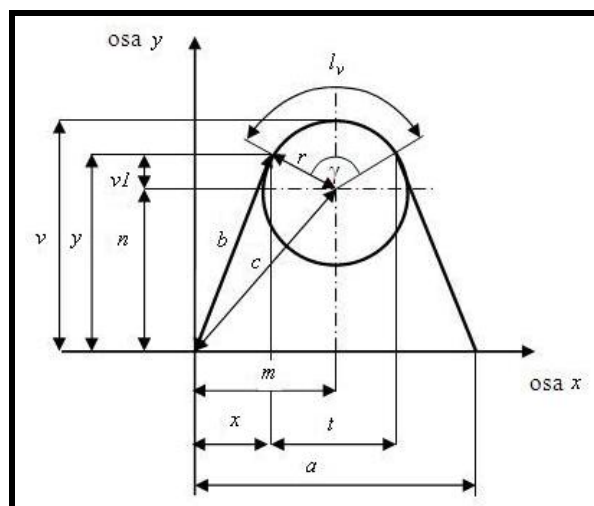
Průtlakem se měří pevnost tkanin při víceosém zatěžování. Při zkoušce průtlakem prochází kulička o definovaném průměru d kruhovým otvorem ve speciálních čelistech. Otvor v čelistech má rovněž známý průměr a . Kulička tlačí na tkaninu směrem dolů. Přístroj měří protažení tkaniny ν , tedy vzdálenost mezi kuličkou a čelistmi jak je znázorněno na obrázku 25 a pevnost tkaniny do porušení F_{tk} .



Obrázek 25 Schéma průtlaku textilie kuličkou

a) Pevnost tkaniny při průtlaku

Z rovnice tečny ke kružnici a kružnice (kuličky) byla určena délka kulového vrchlíku l , který pokrývá tkanina při dosažení nejvyšší síly. Z obecné rovnice kružnice a přímky určíme směrnici přímky k a společný bod dotyku kružnice a přímky T jak je schematicky znázorněno na obrázku 26. Dále určíme délku tětivy t a úhel γ . Z těchto hodnot následně vypočteme délku kulového vrchlíku l .



Obrázek 26 Modelové uspořádání průtlaku textilie kuličkou

Všeobecně známá obecná rovnice kružnice se středem v bodě $[m;n]$ je uvedena v (37)

$$\begin{aligned} (x-m)^2 + (y-n)^2 &= r^2 \\ x^2 + y^2 - 2mx - 2ny + m^2 + n^2 - r^2 &= 0 \end{aligned} \quad (37)$$

bodu dotyku kružnice a přímky.

Pro určení délky kulového vrchlíku l_v dále potřebujeme znát:

- Délku tětivy t , která je určena ze vztahu (41)

$$t = 2 \cdot \left(\frac{a}{2} - x \right) \quad (41)$$

- Výšku $v1$ definující vzdálenost mezi středem kružnice a tětivou stanovíme podle vztahu

$$v1 = y - (v - r) \quad (42)$$

- Úhel γ , který určíme ze vztahu vycházejícího ze známých matematických zákonitostí. Úhel γ je vyznačen v obrázku 26.

$$\gamma = 2 \left(\arctg \left(\frac{\frac{1}{2}t}{v1} \right) \right) [^\circ] \quad (43)$$

Délka kulového vrchlíku l_v , určuje šířku tkaniny, na kterou působí kulička při maximální dosažené síle. Určíme ji z obecně známého vztahu uvedeného v literatuře [16].

$$l_v = \frac{2\pi r}{360} \cdot \gamma \quad (44)$$

Dále chceme definovat vztah, kterým budeme moci určit jaká je pevnost tkaniny F_{tk} při šířce vzorku 50 mm. Tento rozměr je definovaný normou [14]. Pomocí tohoto vztahu tedy budeme schopni porovnávat pevnost tkaniny při průtlaku s pevností tkaniny při tahu a hledat tak mezi nimi závislosti. Pro přepočítání byl určen vztah (45) vycházející z délky kulového vrchlíku (44) a pevnosti tkaniny naměřené při průtlaku F_{npp}

$$F_{tk} = \frac{50}{l_v[\text{mm}]} \cdot F_{npp} \quad (45)$$

Předpokládáme, že pevnost při průtlaku je ovlivněna počtem osnovních a útkových nití

současně, avšak pevnost obou soustav dosahuje jen pevnosti slabší z nich ⁴. Z pevnosti tkaniny ve směru s menší pevností F_{\min} je určena pevnost jedné nitě. Tato hodnota je následně vynásobená počtem osnovních a útkových nití připadajících na požadovanou šířku 5 cm, které pevnost tkaniny při průtlaku ovlivňují (46).

$$F_{\text{tkaniny}} = \frac{F_{\min}}{5 \cdot D_{\min}} \cdot (5 \cdot D_o + 5 \cdot D_u) \cdot K \quad (46)$$

D_{\min} je počet nití na 1 cm ve směru menší pevnosti a K je koeficient zahrnující vliv vazby, poměru dostav a pevností obou směrů tkaniny. Pro koeficient K byl stanoven vztah (47).

$$K = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} + \frac{F_{\min}}{F_{\max}} \quad (47)$$

Bylo zřejmé, že pevnost tkaniny při průtlaku ovlivňuje počet nití ve směru osnovy i útku, které jsou tlaku vystaveny a zároveň i pevnost tkaniny v obou směrech. Je pravděpodobné, že vlivem rozkladu sil ve vazných bodech tkaniny, bude pevnost slabší soustavy nití do jisté míry kompenzována pevností nití soustavy silnější.

Index "max" označuje vždy větší ze dvou hodnot a index "min" označuje menší ze dvou hodnot dostavy osnovy a útku a pevnosti osnovy a útku.

Výsledky jsou diskutovány se zaměřením na aplikaci na textilní síla.

b) Tažnost tkaniny při průtlaku

Tažnost tkaniny při průtlaku vyjádříme jako poměrné prodloužení tkaniny. Vycházíme ze vztahu (31) pro poměrné prodloužení, kde délka l představuje celkovou délku tkaniny opásanou kolem kuličky v okamžiku maximálního protažení. Délka l_0 představuje původní délku tkaniny upnutou v čelistech, která odpovídá průměru otvoru v čelistech. Na obrázku 26 je označena symbolem a .

Délku prodloužené tkaniny l_{tk} určíme jako součet délky kulového vrchlíku a bočních stran b jak je znázorněno na obrázku 26.

$$l_{tk} = l_v + 2 \cdot b \quad (48)$$

Kde hodnota b je určená ze známých hodnot pro m, n a r . Z obrázku 26 z pravoúhlého

⁴hypotéza vychází z pravidla nejslabšího článku

trojúhelníku o stranách $/cnm/$ vyplývá délka strany $c = \sqrt{m^2 + n^2}$. V témže obrázku je další pravoúhlý trojúhelník o stranách $/brc/$ z něž je zřejmé, že délka strany $b = \sqrt{c^2 - r^2}$. Užitím těchto vztahů nalezneme rovnici pro vyjádření délky strany b

$$b = \sqrt{\left(\sqrt{m^2 + n^2}\right)^2 - r^2} \quad (49)$$

Je předpokládáno, že tažnost tkaniny při průtlaku, se bude blížit tažnosti tkaniny v jednom směru při zkoušce tahem.

3.2.5 Prodyšnost

Je definována jako objem nebo rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu. [17]

Tlakový spád je rozdíl tlaků před a za textilií [13]. Jednou z velkých výhod textilních sil je právě jejich prodyšnost. Propouští vzduch a zachytávají prachové částice. Při pneumatickém plnění musí být u ocelových sil instalovány odvodušňovací trubky s napojením na aspiraci⁵. Jsou známé výkony dmychadel, které dopravují surovinu a je tedy známá rychlost a objem vzduchu proudící do sil⁶. Je třeba najít textilií s vhodnou prodyšností tak, aby vzduch prostoupil jejími póry co možná nejsnáze. Vzhledem k tomu, že vzduch proudící do sil můžeme považovat za konstantní, je zřejmé, že tlakový spád bude záviset především na velikosti plochy textilie, kterou může vzduch projít. Plocha textilie se ale zmenšuje ve vztahu k množství suroviny uvnitř sil. Limitního stavu je dosaženo v poslední fázi plnění, kdy už vzduch může procházet jen zástěrou proti prachu (obr. 14 Schéma textilního sil) popřípadě malou částí těla vaku, kterou nebudeme uvažovat.

Prodyšnost tkaniny lze posoudit z hlediska plochy pórů ve tkanině a ze znalosti vnitřních podmínek sil.

⁵ Aspirace je textilní filtr, který zachytává prachové částice

⁶ Ztráty vznikající během proudění potrubím se zanedbávají.

Plocha pláště bez podstav je určena ze všeobecně známých geometrických vztahů. Je to plocha jedné stěny komolého jehlanu, vynásobená počtem stran. Vzhledem k hodnotám, které známe, je nutné hodnoty b' a a' odvodit.

$$S_z = 4 \cdot (b' \cdot e + a' \cdot b') \quad (51)$$

kde

$$a' = \frac{a - e}{2} \quad (52)$$

$$u' = \frac{\sqrt{a^2 + a^2} - \sqrt{e^2 + e^2}}{2} \quad (53)$$

$$b = \sqrt{v^2 + u'^2} \quad (54)$$

$$b' = \sqrt{b^2 - a'^2} \quad (55)$$

Plochu pórů v celé zástěře síla S_{pz} tedy určíme podle vzorce (56) z plochy pórů v 1 m^2 S_p a z plochy zástěry síla S_z .

$$S_{pz} = S_p \cdot S_z \quad (56)$$

Plocha pórů se však v praxi obtížně určuje, vzhledem k nekuhovému průřezu nití v tkanině a husté vazbě, vychází zakrytí tkaniny často větší než 1.

b) Prodyšnost tkanin určená ze znalosti vnitřních podmínek síla

Pro zjištění potřebné prodyšnosti tkanin p_p pro textilní síla byl tedy stanoven postup vycházející ze znalosti objemu proudícího vzduchu do síla a tlakového spádu plnicího zařízení. Výkon dmychadla $Q_{\text{dmychadla}}$ dosahuje tlaku přibližně 80 kPa a 800 m³/hod jak bylo zjištěno od výrobce dmychadel [18]. Ze vztahu (57) a (51) je tedy možné přibližně určit, jaký tlakový spád P vzniká na 1 m^2 textilie v síle v kritické, poslední fázi plnění.

$$P = \frac{Q_{\text{dmychadla}}}{S_z} \quad (57)$$

Pokud do rovnice (57) dosadíme pro výkon dmychadla hodnoty pro objem vzduchu, který do síla proudí při daném tlaku za časovou jednotku, zjistíme množství vzduchu, které musí projít 1 m² textilie. To je hodnota, která je snadno porovnatelná s naměřenými hodnotami prodyšnosti tkanin⁸.

Prodyšnost tkanin byla ale měřena při jiném tlakovém spádu než jaký je zjištěný v síle. Hodnoty tedy musejí být přizpůsobeny. Přepočet je uskutečněn v závislosti na rovnici Carman-Kozeny pro tok tekutiny porézním materiálem, ze které lze vyvodit přímou úměru mezi rozdílem tlaků (tlakovým spádem) proudícího média Δp a objemem prošlého vzduchu V_{media} [20] jak je ukázáno v rovnici (58).

$$V_{\text{media}} = k \cdot \Delta p \quad (58)$$

kde k je materiálová konstanta.

Prodyšnost tkaniny pro tlak v síle p_s tedy určíme s ohledem na rovnici (58) podle vztahu (59), kde P je tlakový spád v síle, P_m je tlakový spád použitý při měření a p_m je prodyšnost tkaniny naměřená.

$$p_s = \frac{P}{P_m} \cdot p_m \quad (59)$$

⁸ Pro určení dostatečné prodyšnosti se v praxi obvykle používá 20% index bezpečnosti [14]. Je ale možné, že pro textilní materiály nebude tento index vůbec potřeba.

4. EXPERIMENT

4.1 Výběr materiálu

Materiál byl volen s ohledem na potřeby textilních sil. Na přání zadavatele práce byli osloveni výhradně čeští výrobci technických tkanin, kteří by byli schopni v budoucnu dodávat materiál ve větším množství pro případnou výrobu. Materiál pro experimenty byl od nich odkoupen. Byly použity materiály z polyamidových vláken. PA vlákna byla volena pro jejich vhodné vlastnosti které jsou uvedeny v kapitole 4.1.1. Bylo cílem vyhledat tkaniny v plátnové vazbě. Vzhledem k možnostem dodavatelů byly do výběru zahrnuty dvě tkaniny s keprovou vazbou 2x2. K jednotlivým materiálům byly vyžádány jejich technické listy.

4.1.1 Polyamidová vlákna

Pro textilní síla byly hledány tkaniny z polyamidu. Jeho vlastnosti odpovídají potřebám textilních sil.

Vlastnosti PA

Tabulka 1 Vlastnosti PA vláken

vlastnost	jednotky	PA 6	PA 6.6
teplota tání	°C	220	256
navlhavost	%	4,5	3,8
pevnost za sucha	cN/dtex	3,6-4,5	3,6-6,3
tažnost	%	23-55	18-25

PA se vyznačuje dobrými mechanickými vlastnostmi, např. odolností vůči opakovanému namáhání. Jeho odolnost v oděru je největší mezi syntetickými vlákny. Díky malé bobtnavosti vláken rychle schne.

Jeho nevýhodou je nízká odolnost v krutu, malá odolnost vůči zvýšeným teplotám a vysoká pružnost. Hustota polyamidových vláken je 1120-1150 [kg.m-3] [19]

Díky své výborné odolnosti v oděru, vysoké pevnosti a nízké navlhavosti je polyamid velice vhodný pro textilní síla. Nestálost barvy na světle není pro textilní síla důležitá a fotodegradabilita se dnes stabilizuje již při výrobě. Nevýhodou je větší tažnost, která se musí kompenzovat vazbou tkaniny a konečným návrhem vaku.

4.1.2 Výběr tkanin

Při výběru textilií pro experiment byly vyhledávány tkaniny s pevností udávanou výrobcem, které odpovídají potřebám textilních sil. Pevnost tkaniny závisí především na projektované velikosti sil. Abychom mohli zkonstruovat textilní silo podle potřeby investora, musíme znát šíři jeho strany a .

Ostatní hodnoty pro konstrukci textilních sil známe, nebo je snadno určíme. Jsou to:

- výška haly, ve které jsou textilní sila umístěna v_h
- požadovaná nosnost sil. Je známá objemová hmotnost obilnin. Je tedy možné určit požadovaný objem textilního sila V_s a jeho velikost pro danou nosnost.
- výška potřebná k instalaci plnicího zařízení v_p a vyskladňovacího zařízení v_v
- šíře strany výsypky e
- sypný úhel α

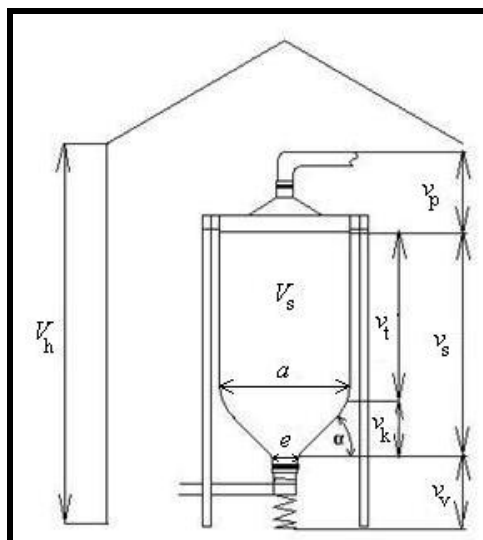
Hodnoty, které u textilních sil neznáme a které jsou důležité pro správné určení rozměrů textilních sil jsou:

- šíře strany sila a

Všechny tyto hodnoty jsou názorně ukázány v obrázku 28.

Šíře strany a závisí na:

- objemu sila V_s . Čím je objem sila větší, tím jsou větší nároky na jeho rozměry.
- výšce sila v_s . Pokud je pevně stanovená výška sila, je třeba zvětšit jeho šířku, kterou udává hodnota a .
- sypném úhlu α . Čím je potřeba větší sypný úhel, tím musí být větší délka kónusu v_k , nebo menší šíře strany sila a . Vše závisí na celkové výšce sila v_s a požadovaném objemu V_s . Hodnota e je vcelku neměnná. Může se tedy stát, že pro dané rozměry, nebude možné najít vhodný rozměr sila.



Obrázek 28 Zjišťování maximálních rozměrů textilního sila v hale

Textilní vak má zaoblené hrany. Obilnina se tak lépe vysypává a nezůstává v rozích. Toto zaoblení nebudeme uvažovat při výpočtu strany a .

Pro zjištění strany sila v závislosti na těchto faktorech tedy vycházíme ze vztahu (60), který definuje celkový objem vaku.

$$V_s = V_t + V_k$$

(60)

a) Určení objemu těla vaku V_t

V_t je objem těla vaku bez kónusu. Určíme ho z obecné rovnice pro výpočet objemu kvádra (61)

$$V_t = a^2 \cdot v_t$$

(61)

v_t je výška těla vaku a určí se podle rovnice (62) jako výška sila v_s bez výšky kónusu v_k .

$$v_t = v_s - v_k$$

(62)

Výšku kónusu v_k také neznáme, ale můžeme jí určit ze vztahu (63), který vychází z matematických zákonitostí v komolém jehlanu.

$$v_k = \tan \alpha \cdot \frac{a - e}{2} \quad (63)$$

b) Určení objemu kónusu V_k

Pro hledání vztahů neznámých hodnot v kónusu sila, bylo využito obrázku 27.

Objem kónusu sila určíme z rovnice (64), která vychází ze všeobecně známé rovnice pro výpočet objemu komolého jehlanu podle literatury [11] .

$$V_k = \frac{1}{3} \cdot v_k \cdot (S_d + S_h + \sqrt{S_d \cdot S_h}) \quad (64)$$

v_k zde označuje výšku kónusu, S_d je plocha dolní podstavy a S_h je plocha horní podstavy kónusu. Plochu podstav určíme opět ze známých vztahů (65) a (66).

$$S_d = a^2 \quad (65)$$

$$S_h = e^2 \quad (66)$$

c) Určení strany sila a

Po dosazení rovnic (61)-(66) do vztahu (60) získáme rovnici (67)

$$V_s = (a^2 \cdot v_t) + \left(\frac{1}{3} \cdot v_k \cdot (S_d + S_h + \sqrt{S_d \cdot S_h}) \right) \quad (67)$$

$$V_s = \left(a^2 \cdot \left(v_s - \tan \alpha \cdot \frac{a - e}{2} \right) \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\tan \alpha \cdot \frac{a - e}{2} \right) \cdot (a^2 + e^2 + \sqrt{a^2 \cdot e^2}) \right)$$

Po nezbytných matematických úpravách vztahu (67) dostaneme polynom 3. řádu s jedinou neznámou a podle (68).

$$0 = \alpha^3 \cdot 2 \tan \alpha - \alpha^2 \cdot (6v_s + 3 \tan \alpha \cdot e) + (\tan \alpha \cdot e^3 + 6V_s)$$

(68)

Kořeny kubické rovnice byly řešeny pomocí programu MatLab 7.0.1. Po zadání známých hodnot, má rovnice tři kořeny. 1. kořen vychází záporný, 3. kořen vychází velmi malý, fyzikálně nereálný. 2. kořen fyzikálně odpovídá rozměru strany síla a (byla provedena vždy ještě zpětná zkouška, která potvrzuje správnost výsledku).

4.2 Potřebná pevnost tkaniny v síle, výběr síla a tkanin

Je všeobecně známé, že pevnost tkaniny závisí na šíři tkaniny, na kterou síla působí. Abychom mohli vybrat vhodné tkaniny, potřebujeme znát minimální pevnost 5 cm širokého proužku, protože pevnost uváděná výrobcem, je právě pro takto široké vzorky⁹. Z šíře síla a a počtu stran n , tedy můžeme vyvodit vztah pro požadovanou pevnost tkaniny/5 cm F_{tk} (69) podle známé síly působící v plném síle F_{sila} .

$$F_{tk} = \frac{F_{sila}}{20 \cdot a \cdot n}$$

(69)

Bylo vybráno 5 typů textilních sil, jejichž parametry reprezentují nejběžněji používané kategorie a jsou uvedené v tabulce 3. Vybraná síla a jejich parametry jsou uvedeny v tab. 3. Shodují se v synném úhlu α , který je 45° a počtu stran n je 4. Rozměr a byl definován podle vztahu (68) a rozměr F_{tk} podle (69). Rozměry byly vybírané také s pomocí údajů v katalogu Gruber, Nero a Krause podle literatury [3], [4], [9].

Tabulka 2 Parametry vybraných textilních sil

označení síla	nosnost síla [t]	objem síla [m ³]	výška síla v_s [m]	strana síla a [m]	požadovaná pevnost tkaniny $F_{tk}/50$ mm [N]	požadovaná pevnost tkaniny $F_{tk}/15$ mm [N]
A	30	37,5	5	3,05	1229,51	368,853
B	20	25	4	2,82	886,52	265,956
C	10	12,5	5	1,64	762,2	228,66
D	5	6,5	3	1,52	411,18	123,354
E	2,5	3	1,5	1,66	188,25	56,475

* viz obrázek 28

⁹ výrobci uvádí pevnost svých tkanin podle normy [(12)]

Byly tedy hledány materiály na základě kapitoly 4.1 a podobnosti s materiálem používaným nyní. Dle možností byly hledány materiály, s pevností udávanou výrobcem od 1000 N, z PA a jejichž nitě byly z nekonečných vláken. Základní vlastnosti vybraných tkanin jsou uvedeny v tabulce 2.

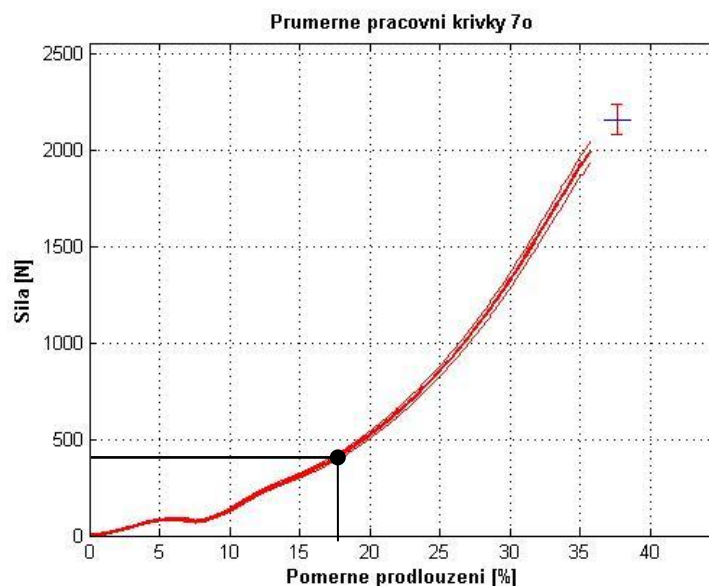
Tabulka 3 Vybrané tkaniny pro experimentální část

Název tkaniny	Nit		Tkanina					
	jemnost [tex]		vazba	plošná hmotnost [g/m ²]	dostava / 1cm		pevnost udávaná výrobcem [N]	
	osnova	útek			osnova	útek	osnova	útek
7	188	188	kepr 2/2	590	15,5	12	9900	7900
4	94	94	kepr 2/2	310	16	15	5200	4200
3	70	70	plátno	255	16	16	3250	2850
2	47	94	plátno	252	15	12	2000	2500
1	47	47	plátno	205	19	17	1500	1200

Vybraným typům sil z tabulky 2 byly podle jejich parametrů, přiřazeny tkaniny z tabulky 3. Vhodnost tkaniny byla posuzována podle grafu její průměrné tahové křivky pro směr osnovy. V grafu byla hledána hodnota optimálního protažení a požadované pevnosti pro šíři vzorku 15 mm, protože i tahové křivky pocházejí z měření vzorků širokých 15 mm. Zkouška je popsána v kapitole 4.3.1. Pro některé typy sil by bylo možné využít více druhů tkanin. Protože se však jedná o modelové příklady, byla pro každé silo zvolena jen jedna. V praxi je třeba zvážit i další vlastnosti tkanin. Je například vhodné, volit lepší odolnost vůči odírání. To může prodloužit životnost vaku.

Typ A

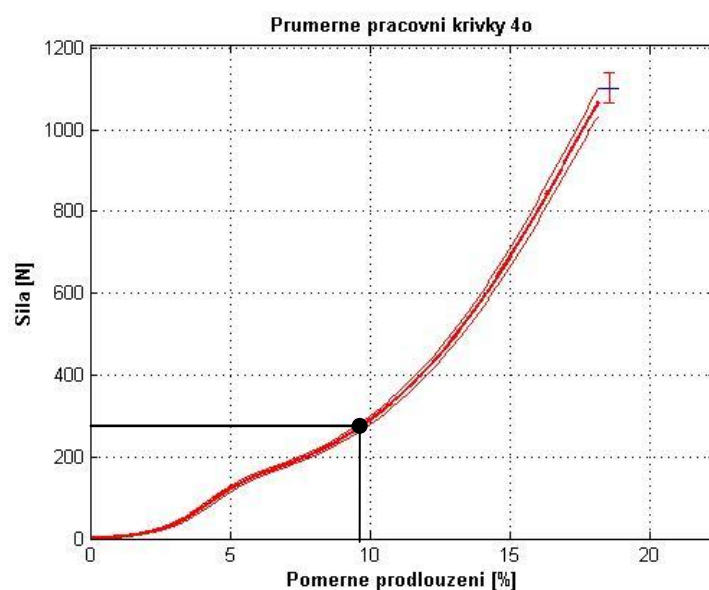
Požadované pevnosti podle tabulky 2, byla přiřazena tkanina č. 7. Jak je vidět na obrázku, pevnosti je dosaženo přibližně na 16,65 %. To znamená, že z dané výšky 5 m se silo prodlouží o 0,83 m. Taková hodnota je přiměřená, projektant s ní však musí počítat. Potom je možné konstrukci sila dostatečně přizpůsobit.



Obrázek 29 Volba tkaniny pro typ sila A

Typ B

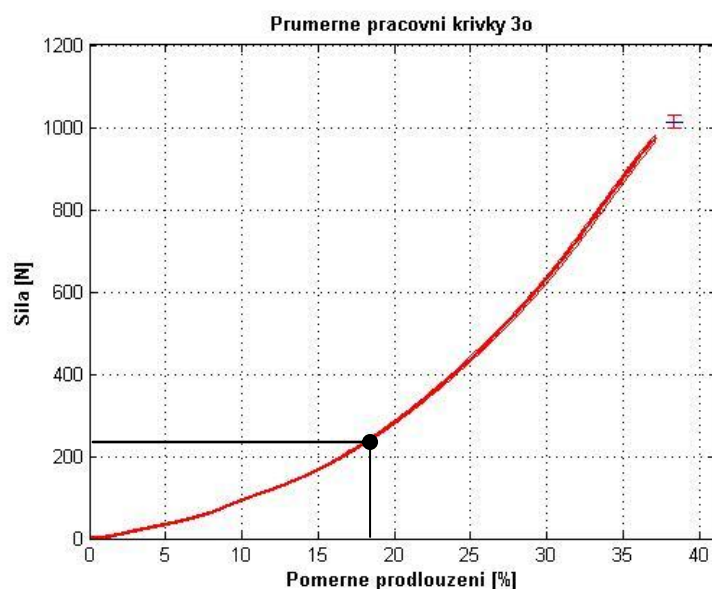
Pro typ sila se nejlépe hodí tkanina č. 4. Požadované pevnosti je dosaženo na 9,5%, dojde k protažení o 0,38 m. taková hodnota je pro celkovou výšku sila 4 m ideální.



Obrázek 30 Volba tkaniny pro typ sila B

Typ C

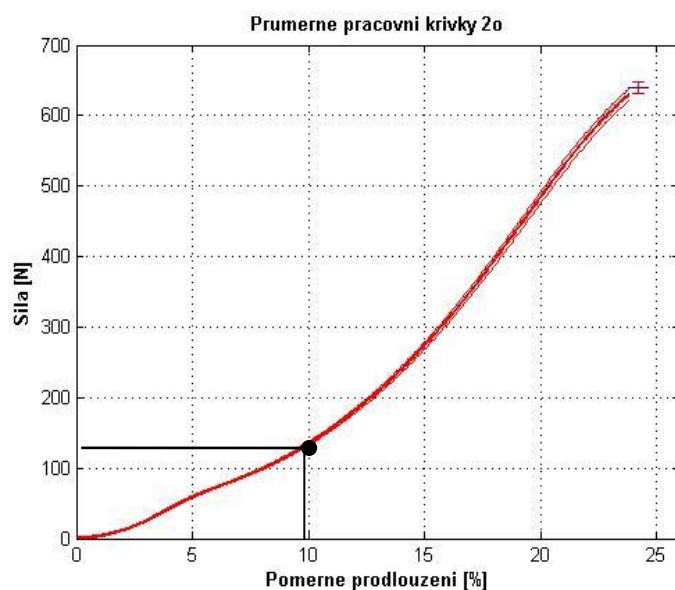
Pro typ sila C byla zvolena tkanina 3. Požadované pevnosti bylo dosaženo na 17,9 %. Silo o celkové výšce 5 metrů, je tedy 0,89 m. Pokud s tímto faktem bude obeznámen projektant, bude ve většině případů možné konstrukci sila přizpůsobit.



Obrázek 31 Volba tkaniny pro typ sila C

Typ D

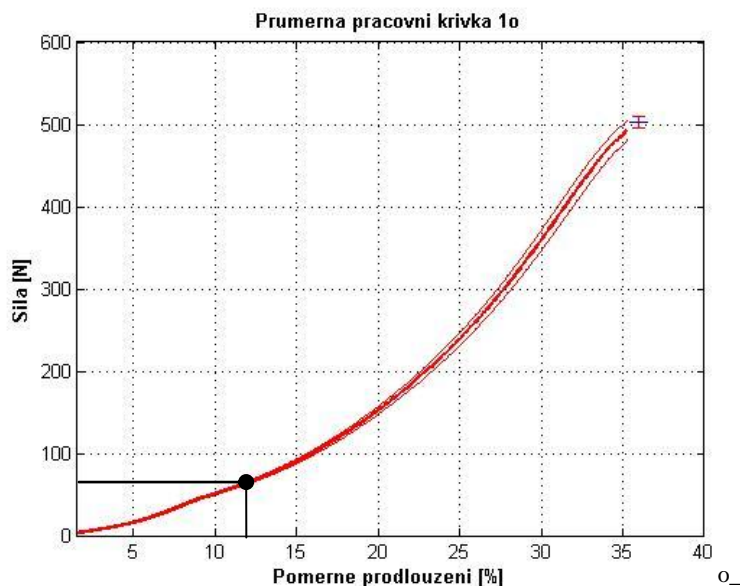
Pro silo s celkovou výškou 3 m byla zvolena tkanina 2. Požadovaná hodnota pevnosti odpovídá protažení na 9,45 %, tedy 0,28 m.



Obrázek 32 Volba tkaniny pro typ sila D

Typ E

Pro nejmenší silu, byla zvolena tkanina 1. Při protažení o 10,85%, dojde k prodloužení 1,5 m vysokého sila o 0,16 m.



Obrázek 33 Volba tkaniny pro typ síla E

V tabulce 4 jsou vyhodnoceny vhodné tkaniny pro zvolené typy sil a jejich předpokládané protažení na základě hodnot z průměrných tahových křivek a z obrázků 30-34. Typy sil jsou označeny velkými písmeny.

Tabulka 4 Volba tkanin pro zvolené typy sil

typ síla	tkanina vhodná pro daný typ síla	předpokládané dosažené protažení pro daný typ síla [%]	předpokládané dosažené protažení pro daný typ síla [m]
A	7	16,65	0,83
B	4	9,5	0,38
C	3	17,9	0,89
D	2	9,45	0,28
E	1	10,85	0,16

Diskuze

Vybrané tkaniny byly přiřazeny textilním vakům, jejichž základní rozměry jsou uvedeny v tabulce 3. Pro vak A a C bylo dosaženo větších hodnot protažení vaku, než je vhodných 0,5 m. Pokud je však projektant s tímto faktem obeznámen, je možné technologie ještě více přizpůsobit. V praxi by pravděpodobně byla hledána vhodnější tkanina s menší pružností.

4.3 Experimentální metody a výsledky

Byly testovány vybrané vlastnosti tkanin, které jsou důležité pro splnění nároků kladených na textilní síla a vaky. Jsou to pevnost tkanin, setkání nití ve tkanině, tažnost tkanin, pevnost tkanin při průtlaku a prodyšnost tkanin. Výsledky zkoušek byly porovnány s teoretickými výpočty podle rovnic uvedených v teoretické části. Data byla vyhodnocena pomocí programu MatLab 7.0.1. Statistické zpracování bylo zpracováno v programu QC Expert 3.2 Trial. Bylo potvrzeno normální rozdělení dat.

4.3.1 Pevnost tkanin

4.3.1.1 Princip zkoušky

Textilie o definovaných rozměrech z vybraných tkanin (viz tabulka 2) se upne mezi čelisti, přičemž spodní čelist je pevná a horní čelist se pohybuje konstantní rychlostí. Vzorek je napínán do přetržení. Zaznamenává se maximální síla a tažnost a síla a tažnost při přetrhu.

4.3.1.2 Příprava vzorků

Vzhledem k možnostem laboratorních přístrojů na TUL bylo nutné změnit rozměr vzorků. Laboratorní přístroje jsou vybaveny tenzometrickými hlavami jen do 5000 N. S ohledem na nejpevnější tkaninu č. 7 (viz tab. 2) byla stanovena šíře vzorku na 1,5 cm. Šíře vzorků byla ověřena odpočítáním daného počtu nití zaokrouhleným na celé číslo která jsou uvedena v tabulce 5.

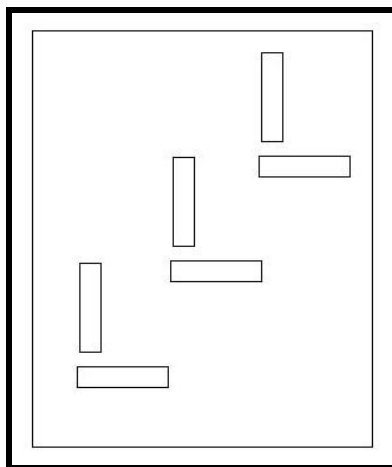
Tabulka 5 Počet nití v 1,5 cm šíře vzorku

	tkanina 1	tkanina 2	tkanina 3	tkanina 4	tkanina 7
dostava/1 cm-o/u	19/17	15/12	16/16	16/15	15,5/12
počet os. nití/ 1,5 cm	29	23	24	24	23
počet út. nití/ 1,5 cm	26	18	24	23	18

Pro porovnatelnost vzorků byl tento rozměr zachován pro všechny zkoušené tkaniny. Délka vzorků byla zachována na 20 cm+délka pro upnutí do čelistí 10 cm.

Vzorky byly odebrány po osnově a po útku z plochy textilie tak, aby se

neopakovaly žádné osnovní a útkové nitě v každé sadě vzorků. Toho bylo docíleno rozmístěním vzorků podle obrázku 34.



Obrázek 34 Odběr vzorků pro tahovou zkoušku tkanin

4.3.1.3 Průběh zkoušky

Zkouška proběhla v laboratoři KTT na přístroji Testometric. Pro test bylo odebráno z každé tkaniny 10 vzorků po osnově a po útku. Vzorky byly předklimatizovány podle normy ČSN EN ISO 20139 (800056) Textilie- Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Vzorky byly napínány rychlostí 100 mm/min, ABS přístroje bylo nastaveno na 441,381 Byly použity pneumatické čelisti s pryžovými nástavci. Tkanina byla navíc vkládána mezi jemný smirkový papír. Tato kombinace se po řadě nepodařených zkušebních vzorků projevila jako nejlepší. Nedocházelo k prokluzu materiálu a výsledky byly optimální.

4.3.1.4 Zpracování výsledků

Pomocí programu QC Expert 3.2 Trial byla z naměřených hodnot odstraněná vybočující měření a byla zpracována popisná statistika pro pevnost nití a pevnost tkanin. V programu MatLab 7.0.1 byly zpracované průměrné tahové křivky nití i tkanin. Data průměrných tahových křivek jsou porovnána s vypočtenými hodnotami pevnosti tkaniny podle vztahu (9). Byl dopočítán koeficient pevnosti tkaniny K_{pt} podle vztahu (10). Výsledky jsou vyhodnoceny a diskutovány.

Tabulka 6 Popisná statistika pro pevnost nití

		medián [N]	průměr [N]	rozptyl [N]	směrodatná odchylka [N]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [N]	
1	osnova	14,121	14,750	0,6852	0,828	5,612	14,889	14,607
	útek	12,548	13,968	0,7122	0,844	6,042	14,069	13,865
2	osnova	21,895	21,559	1,7514	1,323	6,138	21,694	21,431
	útek	49,233	49,875	11,9648	3,459	6,935	50,471	49,279
3	osnova	36,440	36,775	12,0851	3,476	9,453	37,706	35,844
	útek	36,600	36,648	5,2543	2,292	6,255	37,280	36,016
4	osnova	60,050	59,716	11,5946	3,405	5,702	60,664	58,768
	útek	77,251	77,712	24,1964	4,919	6,330	79,030	76,395
7	osnova	78,550	84,266	291,4836	17,073	20,261	88,367	80,165
	útek	94,720	95,414	118,0964	10,867	11,389	98,246	92,582

Pevnost nití je v jednotkách Newton [N]. Při měření pevnosti nití tkaniny č. 7 nedocházelo k ucelenému prasknutí nitě, ale docházelo pouze k poškození některých fibril. To způsobilo značnou variabilitu naměřených dat.

Tabulka 7 Popisná statistika pro pevnost tkanin

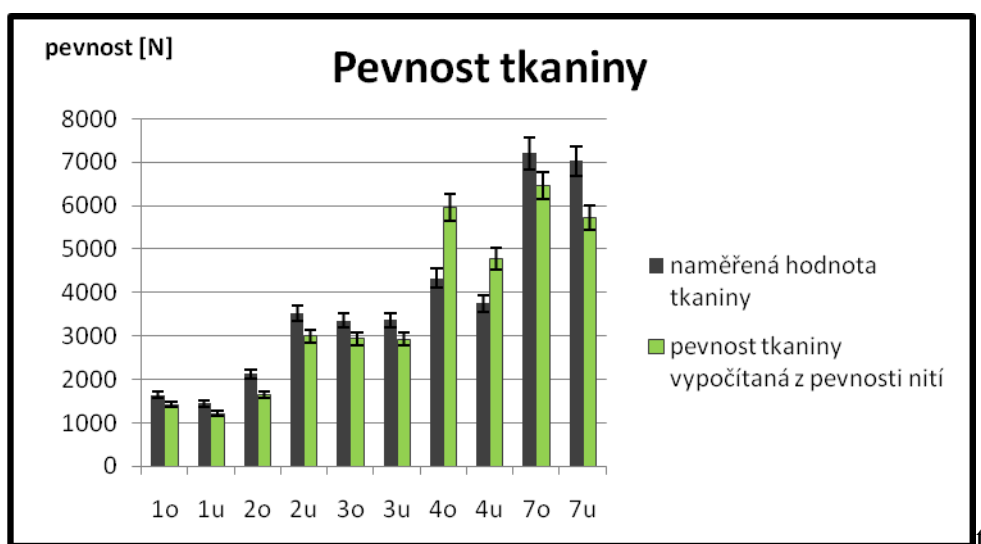
		medián [N]	průměr [N]	rozptyl [N]	směrodatná odchylka [N]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [N]	
1	osnova	496,9	494,01	204,35	14,29	2,89	505,00	483,02
	útek	440,37	436,4011	261,98	16,19	3,71	448,84	423,96
2	osnova	638,35	636,46	240,93	15,52	2,44	647,56	625,36
	útek	1056,95	1057,69	3550,66	59,59	5,63	1100,32	1015,06
3	osnova	1013,5	1007,67	720,06	26,83	2,66	1026,87	988,47
	útek	1009,65	1009,05	1136,65	33,71	3,34	1037,24	980,86
4	osnova	1130,5	1123,838	2543,48	50,43	4,49	1166,00	1081,67
	útek	1296,15	1299,14	2640,54	51,39	3,96	1335,90	1262,38
7	osnova	2164,95	2160,13	12263,05	110,74	5,13	2239,35	2080,91
	útek	2114,5	2107,4	1577,26	39,71	1,88	2140,60	2074,20

Po stanovení nejvhodnějšího postupu zkoušení tkanin již nebyly zjištěné žádné komplikace. Materiál dosahoval optimálních hodnot pevnosti. Variabilita dat je malá. Pro výpočet pevnosti tkaniny byl použit vztah (9) a pro výpočet koeficientu K_v byl použit vztah (10)

Tabulka 8 Pevnost tkaniny

Tabulka 6 Pevnost tkaniny							
označení tkaniny		naměřená pevnost tkaniny [N]	naměř. pevnost tkaniny přepoč. na 50 mm [N]	Dostava na 50 mm	naměřená pevnost nitě [N]	vypoč. pevnost tkaniny [N]	koefficient K_{vp}
1	osnova	494,01	1646,69	95	14,75	1401,50	1,17
	útek	436,40	1454,67	85	13,97	1187,28	1,23
2	osnova	636,46	2121,53	75	21,56	1616,93	1,31
	útek	1057,69	3525,63	60	49,87	2992,20	1,18
3	osnova	1009,05	3363,50	80	36,77	2942,00	1,14
	útek	1007,67	3358,90	80	36,65	2931,80	1,15
4	osnova	1299,14	4330,47	80	59,72	5957,92	0,73
	útek	1123,84	3746,13	75	77,71	4777,28	0,78
7	osnova	2160,13	7200,43	77,5	84,27	6530,60	1,10
	útek	2107,40	7024,67	60	95,41	5724,80	1,23

Kvůli předpokládané pevnosti tkanin byly zvoleny abnormální vzorky jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2.2. Po naměření musela být naměřená pevnost přepočítána na normovanou šíři vzorků 50 mm. Pevnost tkanin byla vypočítána také na šíři tkaniny 50 mm. Obě hodnoty byly nakonec porovnány.



Obrázek 35 Graf pevnosti tkaniny

Diskuze

Naměřená pevnost tkaniny je větší, protože při napínání vzorku dochází ke kontaktu mezi nitěmi ve vazných bodech a tedy k rozkladu sil. Z toho důvodu je tkanina schopná

přenášet větší síly, než samotné nitě. Vliv vazby zohledňuje koeficient pevnosti tkaniny K_{pt} .

Graf ukazuje, že pro tkaninu č. 4 jsou hodnoty pevnosti tkaniny vypočítané z pevnosti nití větší. Je to způsobené jemnějšími nitěmi, volnější vazbou a úzkými vzorky, díky kterým se při napínání tkanina rozpadla dříve, než dosáhla maximální pevnosti.

Pevnost tkaniny je důležitá pro správnou volbu tkaniny pro různé velikosti vaku. Dále byly tyto hodnoty využity pro určení pevnosti tkanin při průtlaku.

4.3.2 Setkání

Od dodavatelů byly získány osnovní a útkové nitě tkanin před zatkáním, mohl být tedy proveden experiment pro stanovení setkání nití ve tkanině. Výsledky byly použity k matematickému ověření tažnosti tkanin.

4.3.2.1 Princip zkoušky

Princip zkoušky spočívá v naměření tahových křivek nití rovných a setkaných. Rovné nitě jsou nitě před zatkáním, setkané nitě jsou zvlněné nitě vypárané přímo z tkaniny o předem definované délce. Tyto dvě křivky se mezi sebou následně vyhodnocují s využitím vztahu (38) a (39).

4.3.2.2 Příprava vzorků

Nitě i tkanina byly před zahájením experimentu předklimatizovány podle normy ČSN EN ISO 20139 (800056) Textilie- Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

4.3.2.3 Průběh zkoušky

Setkání bylo měřeno v laboratoři KTT na přístroji Instron. Přístroj Instron byl zvolen

pro vhodnější způsob zápisu dat. Vzhledem k pevnosti jednotlivých nití tkanin bylo nutné použít pro měření tkaninovou tenzometrickou hlavu s hodnotou 5000 N a tkaninové čelisti. Tkaninové čelisti určené pro přístroj Instron jsou značně opotřebované a nit bylo potřeba před upevněním do čelistí vložit mezi dva kousky smirkového papíru, aby nedocházelo při napínání k prokluzu. Tento postup značně snížil pevnost nití, které se odíraly o zrna smirkového papíru. V případě setkání však bylo důležité především protažení nitě v první fázi zkoušky. Upínací délka byla nastavená na 0,5 m. Rychlost napínání byla 100 mm/min.

4.3.2.4 Zpracování výsledků

Naměřená data byla statisticky vyhodnocena v programu QC Expert 3.2 trial. Základní statistika dat je uvedena v tabulce 7 a 8. V programu MatLab byly vytvořeny průměrné tahové křivky jednotlivých zkoušek. Průměrné tahové křivky byly dále interpolovány na graf závislosti protažení na síle, jak je uvedeno na obrázku 26. Průměrné tahové křivky a interpolované průměrné tahové křivky jsou pro všechny tkaniny uvedeny v příloze 1. Ze souřadnic interpolovaného grafu byla podle vztahu (38) stanovena hodnota λ a podle vztahu (39) hodnota setkání. Hodnota λ byla definovaná na intervalu síly $\langle 0,12; 1 \rangle$.

Výsledky jsou prezentovány v tabulce 11.

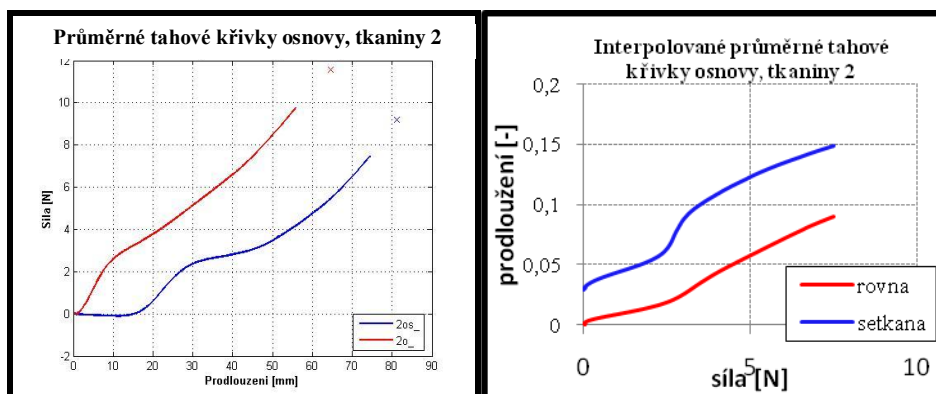
Tažnost nití je určena poměrným prodloužením. Hodnoty jsou bezrozměrné.

Tabulka 9 Popisná statistika pro tažnost rovných nití

		medián [-]	průměr [-]	rozptyl [-]	směrodatná odchylka [-]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [-]	
1	osnova	0,220	0,220	0,00002	0,0050	2,255	0,229	0,220
	útek	0,266	0,267	0,00008	0,0092	3,427	0,271	0,263
2	osnova	0,131	0,130	0,00004	0,0065	4,985	0,135	0,131
	útek	0,188	0,190	0,00028	0,0169	8,884	0,201	0,196
3	osnova	0,234	0,236	0,00002	0,0044	1,864	0,239	0,231
	útek	0,192	0,195	0,00003	0,0045	2,308	0,199	0,191
4	osnova	0,174	0,174	0,00002	0,0049	2,799	0,178	0,171
	útek	0,159	0,176	0,00023	0,0152	8,617	0,179	0,174
7	osnova	0,149	0,182	0,00022	0,0148	8,126	0,186	0,175
	útek	0,217	0,219	0,00005	0,0071	3,228	0,224	0,215

Tabulka 10 Popisná statistika pro tažnost setkaných nití

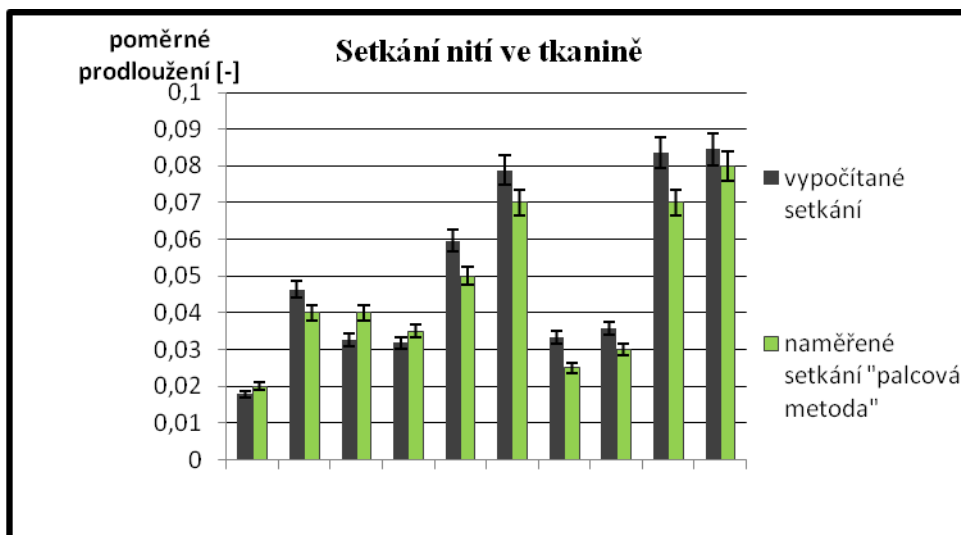
		medián [-]	průměr [-]	rozptyl [-]	směrodatná odchylka [-]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [-]	
1	osnova	0,220	0,220	0,0000	0,005	2,252	0,221	0,219
	útek	0,266	0,267	0,0001	0,009	3,425	0,270	0,265
2	osnova	0,163	0,163	0,0000	0,006	3,893	0,165	0,161
	útek	0,223	0,223	0,0001	0,008	3,378	0,225	0,220
3	osnova	0,224	0,223	0,0000	0,006	2,873	0,225	0,222
	útek	0,264	0,264	0,0001	0,007	2,717	0,266	0,262
4	osnova	0,142	0,142	0,0000	0,006	3,895	0,144	0,141
	útek	0,155	0,155	0,0001	0,010	6,330	0,158	0,153
7	osnova	0,248	0,247	0,0001	0,008	3,252	0,249	0,245
	útek	0,230	0,229	0,0000	0,007	2,854	0,231	0,227



Obrázek 36 Příklad grafů průměrných a interpolovaných tahových křivek

Tabulka 11 Setkání nití v tkanině

	tkanina	hodnota λ [-]	setkání s [-]	"palcová metoda" [-]
1	osnova	1,017855	0,018	0,02
	útek	1,046365	0,046	0,04
2	osnova	1,032615	0,033	0,04
	útek	1,03192	0,032	0,035
3	osnova	1,059644	0,060	0,05
	útek	1,078838	0,079	0,07
4	osnova	1,033441	0,033	0,025
	útek	1,03589	0,036	0,03
7	osnova	1,083563	0,084	0,07
	útek	1,0845	0,084	0,08



Obrázek 37 Setkání nití ve tkanině

Diskuze

Experimentálně zjištěné hodnoty setkání přiměřeně odpovídají hodnotám zjištěným prostým natažením definované délky vypárané nitě "palcová metoda". Vypočítané hodnoty jsou nepatrně větší. Tento jev byl ale předpokládán, vzhledem k principu "palcové metody" která spočívá v měření délky napnuté nitě vypárané z tkaniny. Toto měření je možné provést pouze orientačně a v řádech milimetrů. Je tedy zřejmé, že nová metoda stanovení setkání nitě ve tkanině je při porovnání s realitou vyhovující a přesnější.

Hodnoty setkání jsou využity pro určení tažnosti tkanin, která je velice důležitá pro správnou volbu tkanin a textilních vaků.

4.3.3 Tažnost

Experimentálně byla zjišťována tažnost tkanin jako další výsledek z experimentu pevnosti uvedeného v kapitole 4.2. Tažnost byla porovnána s výsledky z matematického vztahu pro určení tažnosti tkanin.

4.3.3.1 Princip zkoušky

V kapitole (4.2) byla měřena pevnost tkanin, která je závislá na protažení. Hodnoty tažnosti tkanin vychází tedy z měření pevnosti tkanin. Matematický vztah je potom závislý na hodnotě setkání. Setkání bylo měřeno v kapitole (4.3)

4.3.3.2 Zpracování výsledků

Naměřená data byla statisticky vyhodnocena a byla odstraněna vybočující měření. V programu MatLab byly vytvořeny průměrné tahové křivky jednotlivých zkoušek. Byla stanovena tažnost tkaniny podle vztahu (36), která byla následně porovnána s naměřenými hodnotami. Koeficient tažnosti tkaniny K_{tk} byl stanoven podle vztahu (70)

$$K_{\text{tk}} = \frac{\varepsilon_{\text{tkn}}}{\varepsilon_{\text{tkv}}}$$

(70)

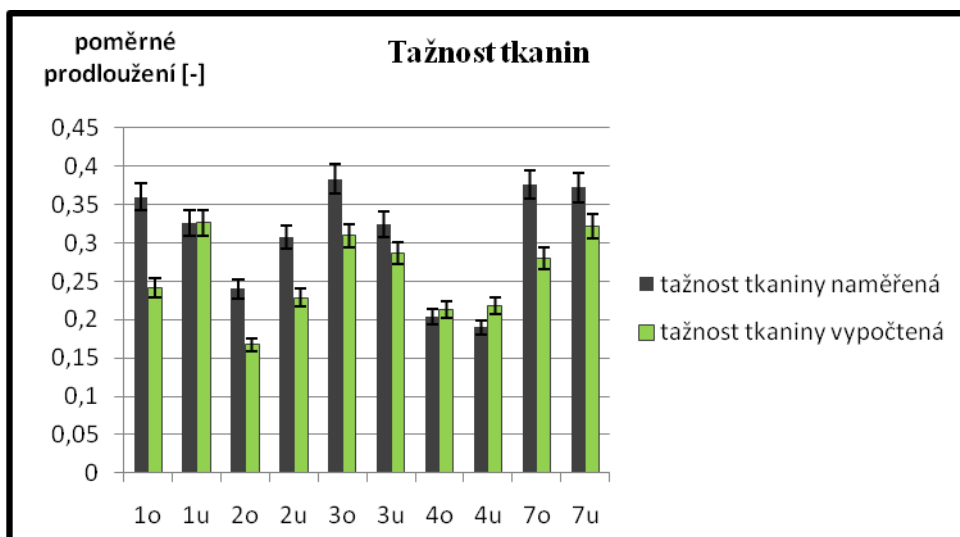
Tabulka 12 Popisná statistika pro tažnost tkanin

		medián [-]	průměr [-]	rozptyl [-]	směrodatná odchylka [-]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [-]	
1	osnova	0,362	0,360	0,0021	0,005	1,27	0,36	0,36
	útek	0,330	0,326	0,0113	0,011	3,26	0,33	0,32
2	osnova	0,242	0,240	0,0029	0,005	2,20	0,25	0,24
	útek	0,307	0,307	0,0085	0,009	3,01	0,31	0,30
3	osnova	0,383	0,383	0,0052	0,007	1,88	0,39	0,38
	útek	0,324	0,324	0,0017	0,004	1,28	0,33	0,32
4	osnova	0,204	0,204	0,0002	0,001	0,60	0,20	0,20
	útek	0,187	0,190	0,0085	0,009	4,87	0,20	0,18
7	osnova	0,376	0,376	0,0171	0,013	3,48	0,39	0,37
	útek	0,373	0,372	0,0079	0,009	2,39	0,38	0,36

Pro výpočet tažnosti tkanin bylo využito průměrných hodnot tažnosti rovných nití, podle tabulky 9. Hodnota λ byla určena podle vztahu (38), poměrné prodĺoužení nitě podle vztahu (31), tažnost tkaniny podle vztahu (36)

Tabulka 13 Vyhodnocení tažnosti tkanin

označení tkaniny		hodnota λ s+1 [-]	poměrné prodĺoužení nitě ϵ_l [-]	poměrné prodĺoužení tkaniny vypočtené ϵ_{tkv} [-]	poměrné prodĺoužení tkaniny naměřené ϵ_{tkn} [-]	koefficient tažnosti tkaniny K_{tt} [-]
1	osnova	1,018	0,220	0,242	0,360	1,489
	útek	1,046	0,267	0,326	0,326	1,000
2	osnova	1,033	0,130	0,167	0,240	1,434
	útek	1,032	0,190	0,228	0,307	1,344
3	osnova	1,060	0,236	0,309	0,383	1,238
	útek	1,079	0,195	0,289	0,324	1,120
4	osnova	1,033	0,174	0,213	0,204	0,956
	útek	1,036	0,176	0,218	0,190	0,871
7	osnova	1,084	0,182	0,280	0,376	1,341
	útek	1,085	0,219	0,322	0,372	1,155



Obrázek 38 Graf tažnosti tkanin

Diskuze

Naměřená tažnost tkaniny je větší než vypočítaná. Je tomu tak proto, že vztah pro výpočet tažnosti tkaniny vychází z hodnot setkání a tažnosti nití. Tkanina, jako soustava několika nití vedle sebe, je schopná rozkládat vznikající síly a tak dosáhnout větší

pevnosti i tažnosti, než samotná nit. Rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou tažností zahrnuje nejen vliv vazby, ale také například nepřesnosti z předchozích měření. Tyto vlivy jsou vyjádřené koeficientem tažnosti tkaniny K .

Pro tkaninu č. 4 jsou vypočítané hodnoty tažnosti vyšší. Projevuje se zde vliv nití, vazby a úzkého vzorku způsobující rychlejší rozpad tkaniny při zkoušce, jak již bylo popsáno v diskuzi pro kapitolu 4.2.

Tažnost tkaniny je nedílnou součástí všech tkanin. Je to jedna z nejsledovanějších vlastností textilních vaků. Je potřeba nalézt vhodný kompromis mezi tažností zajišťující vstřebání vznikajících sil a tažností, která bude akceptovatelná pro spotřebitele.

4.3.4 Průtlak

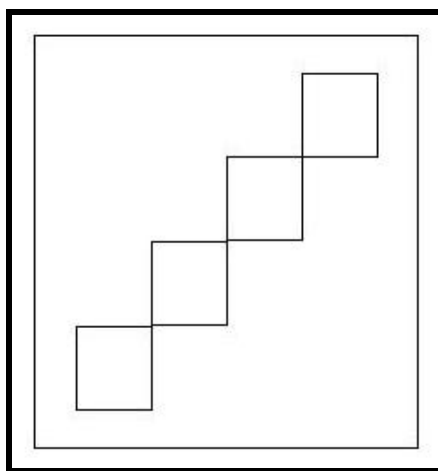
Zkouška průtlakem byla vybrána pro ověření pevnosti tkaniny při vícesměrném namáhání. Průtlak byl realizován ocelovou kuličkou.

4.3.4.1 Princip zkoušky

Zkouška Ball burst test spočívá v upnutí vzorku po celém obvodu do speciálních čelistí. Na střed vzorku působí konstantně se pohybující ocelová kulička. Kulička vzorek vydouvá. Výsledkem zkoušky je síla potřebná k porušení vzorku textilie [N] a vydutí textilie [mm].

4.3.4.2 Příprava vzorků

Pro test byly připraveny vzorky o rozměrech 11 x 11 cm. Vzorky byly odebrány z plochy textilie tak, aby reprezentovaly celou plochu (obr. 39 Odběr vzorků pro zkoušku průtlakem). Vzorky byly předklimatizovány podle normy ČSN EN ISO 20139 (800056) Textilie- Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.



Obrázek 39 Odběr vzorků pro zkoušku protlakem

4.3.4.3 Průběh zkoušky

Zkouška proběhla v laboratoři KTT na přístroji Testometric. Z textilie bylo odebráno 10 vzorků pro každou tkaninu. Byla použita kulička o průměru 25,4 mm. Kruhový otvor v upínacích čelistech má průměr 44,45 mm. Pro všechny vzorky byla zvolena předzátěž 5 N. Ocelová kulička se pohybovala rychlostí 100 mm/min.

4.3.4.4 Zpracování výsledků

Z naměřených hodnot byla odstraněná vybočující měření a byla zpracovaná popisná statistika v programu QC Expert 3.2 Trial. Dále byly v programu MatLab vyhodnocené průměrné tahové křivky. Byl vyhodnocen způsob poškození vzorků, který potvrdil hypotézu nejslabšího článku, tedy že se tkanina poškodí ve směru slabší soustavy nití. Následně byla porovnána pevnost tkanin při průtlaku naměřená a vypočtená. V druhé části zkoušky byla vyhodnocena tažnost tkaniny při průtlaku, která byla následně porovnána s tažností tkaniny vyhodnocenou v kapitole 4.4.

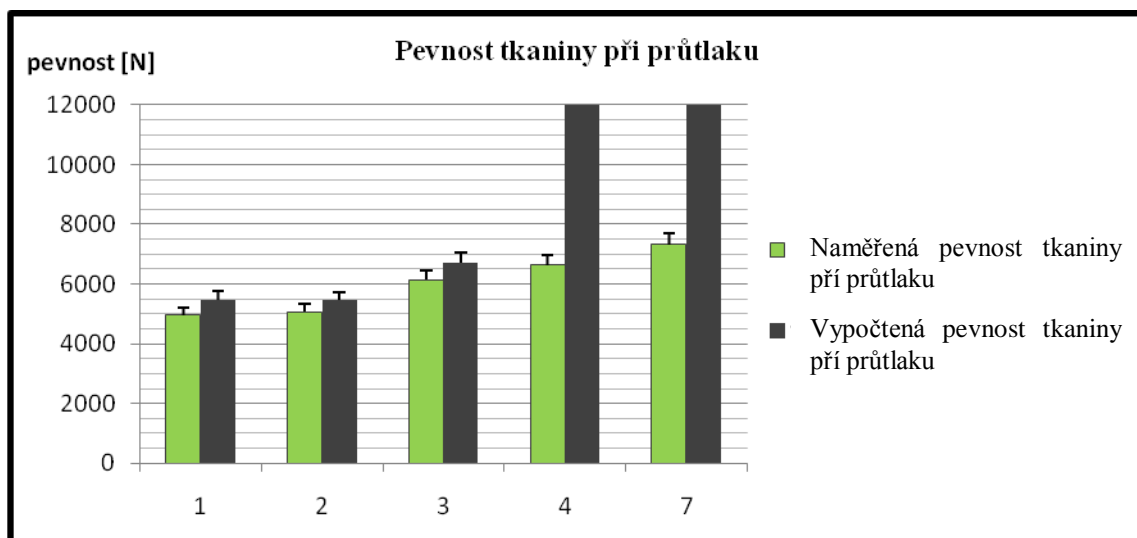
Tabulka 14 Popisná statistika pro pevnost tkaniny při průtlaku

	medián [-]	průměr [-]	rozptyl [-]	směrodatná odchylka [-]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [-]	
1	2178	2175,1	1189,21	34,48	1,59	2199,77	2150,43
2	1989	1995,71	1034,57	32,16	1,61	2025,46	1965,97
3	3599	3539,70	19419,34	139,35	3,94	3639,39	3440,01
4	3718	3734,88	26056,98	161,42	4,32	3869,83	3599,92
7	4849	4860,9	693,00	231,32	4,76	5026,38	4695,42

Hodnoty pevnosti tkaniny při průtlaku jsou v porovnání s pevností tkaniny podle kapitoly 4.2, tabulky 5 poměrně vysoké. V následující tabulce jsou porovnány naměřená pevnost tkaniny při průtlaku a vypočítaná pevnost tkaniny při průtlaku podle vztahu (46). Délka kulového vrchlíku l_v byla vypočítaná podle vztahu (44), koeficient k podle vztahu (47)

Tabulka 15 Pevnost tkaniny při průtlaku

		1	2	3	4	7
směr poškození		útek	osnova	O i Ú	nepřetrh	nepřetrh
dostava/1cm	osnova	19	15	16	16	15,5
	útek	17	12	16	15	12
protažení při přetrhu [mm]		19,1945	16,67	30,40	28,72	46,38
naměřená pevnost při přetrhu průtlakem [N]		2175,1	1995,71	3539,70	3734,88	4860,9
délka kulového vrchlíku l_v [mm]		21,97	19,66	28,85	28,11	33,21
pevnost při přetrhu průtlakem [N] přepoč. na 50 mm		4950,7	5075,5	6134,20	6643,90	7317,5
koeficient k [-]		1,78	1,43	0,99	1,80	1,75
naměřená pevnost tkaniny ve směru osnovy [N]		1646,69	2121,53	3358,9	4330,467	7200,43
naměřená pevnost tkaniny ve směru útku [N]		1454,667	3383,55	3363,50	3746,13	7024,67
vypočtená pevnost tkaniny při průtlaku [N]		5477,46	5449,43	6708,61	13955,43	28168,35
podíl vypočtené a naměřené pevnosti [-]		1,106	1,07	1,09	2,10	3,85



Obrázek 40 Graf pevnosti tkaniny při průtlaku

Diskuze

Vypočtená pevnost dosahuje u tkaniny č. 1,2 a 3 nepatrně větších hodnot. Pro výpočet pevnosti průtlakem, byl definován mimo jiné koeficient, který zahrnuje poměr dostav a pevností jednotlivých soustav nití ve tkanině. Nezahrnuje ale ostatní nepředvídatelné a obtížně stanovitelné vlivy, které pevnost tkaniny zmenšují. Rozdíl je tak malý, že lze říci, že vtaž pro výpočet pevnosti tkaniny při průtlaku je vyhovující.

Tkaniny č. 4 a 7 nelze porovnat. Tkaniny se ani opakovaně nepodařilo ocelovou kuličkou poškodit. Pokud bychom však vzali v úvahu vypočtené hodnoty, dosahovali by tyto tkaniny při průtlaku velmi vysokých pevností.

Podle definovaného vztahu, a naměřených hodnot zkouška potvrdila závislost pevnosti tkanin při průtlaku na dostavě, a pevnosti slabší, ze soustavy nití. Toto zjištění je důležité při hledání tkanin pro textilní vaky, kde dochází k tlaku do stran a především do stěn kónusu.

a) **Tažnost tkaniny při průtlaku** je vypočtená podle vztahu (56). Znamé hodnoty jsou:

průměr otvoru v čelistech $a = 44,45$ [mm]

$m = a/2 = 22,225$ [mm]

poloměr ocelové kuličky $r = 12,7$ [mm]

Tabulka 16 Popisná statistika pro tažnost tkanin při průtlaku

	medián [mm]	průměr [mm]	rozptyl [mm]	směrodatná odchylka [mm]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [mm]	
1	19,193	19,1945	0,03	0,18	0,93	19,32	19,07
2	16,621	16,67	0,01	0,09	0,55	16,75	16,58
3	29,314	30,40	18,44	4,29	14,12	33,47	27,33
4	28,316	28,7216	12,45	3,53	12,29	31,67	25,77
7	44,68	46,3762	25,36	5,04	10,86	9,19	3,46

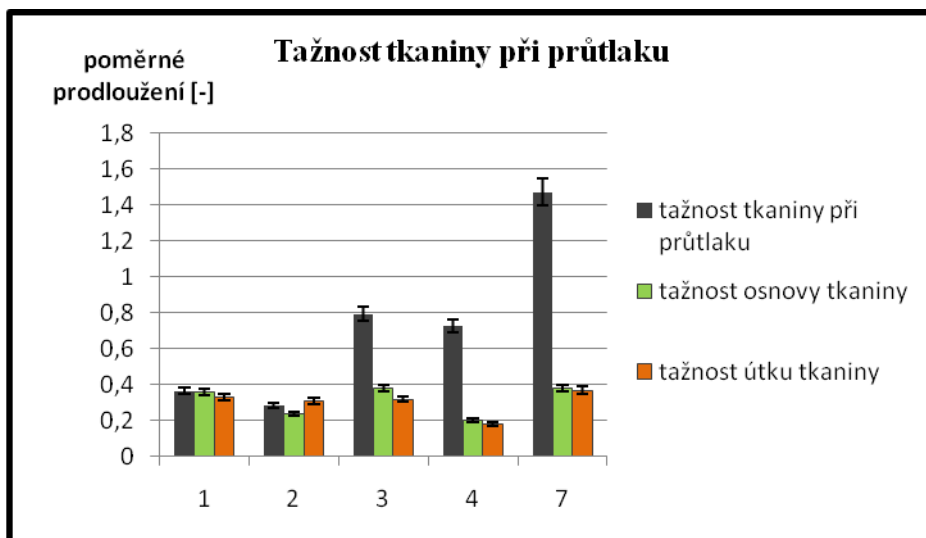
Symbol n označuje y-ovou souřadnici pro střed kuličky (obr. 26). Symbol b označuje délku tkaniny k dotyku s kuličkou podle rovnice (49). Symbol l_v označuje délku tkaniny dotýkající se kuličky podle rovnice (44), l_{tk} je celková délka tkaniny po protažení kuličkou viz. vztah (48). Symbol ε je poměrné prodloužení tkaniny (31).

Tabulka 17 Tažnost tkaniny při průtlaku

tkanina	naměřené protažení [mm]	n [mm]	b [mm]	l_v [mm]	l_{tk} [mm]	ε [-]
1	19,19	6,49	19,36	21,97	60,69	0,37
2	16,67	3,97	18,67	19,66	56,99	0,28
3	30,40	17,70	25,41	28,85	79,68	0,79
4	28,72	16,02	24,28	28,11	76,66	0,72
7	46,38	33,68	38,30	33,21	109,81	1,47

Pro názornost byly porovnány hodnoty protažení tkaniny při průtlaku a hodnoty protažení tkaniny osnovy a útku získané při tahové zkoušce (kapitola 4.4). Bylo

vycházeno z předpokladu, že i při zkoušce průtlakem, se tkanina může protáhnout jen o svou maximální hodnotu protažení.



Obrázek 41 Tažnost tkaniny při průtlaku

Diskuze

Tažnost tkaniny při průtlaku v případě tkaniny 1 a 2 dosahuje podobných hodnot jako ve směru osnovy a útku. Tento výsledek byl očekáván.

U tkaniny č. 3, 4 a 7 docházelo k prokluzu v čelistech. Vyhodnocení těchto tkanin není tedy směrodatné.

Tažnost při průtlaku je důležitá pro textilní vaky hlavně v oblasti kónusu, kde dochází k největšímu tlaku do stěn.

4.3.5 Prodyšnost tkanin

Tato zkouška byla volena s ohledem na potřebu znalosti prodyšnosti tkanin z hlediska odvodu vzduchu ze síla při plnění. Tuto vlastnost neuvádí v technickém listu žádný z výrobců vybraných tkanin.

V rámci zkoumání prodyšnosti, byly pro potřeby dalšího zpracování naměřeny další parametry tkanin. Jedná se o tloušťku tkanin a tloušťku osnovních a útkových nití na povrchu tkaniny. Tloušťka nití byla měřena, protože je na první pohled zřejmé, že zatkané nitě nemají kruhový průřez. Bylo by tedy nemístné v dalším zpracování výsledků počítat s průměrem nití vycházejících z kruhového průřezu.

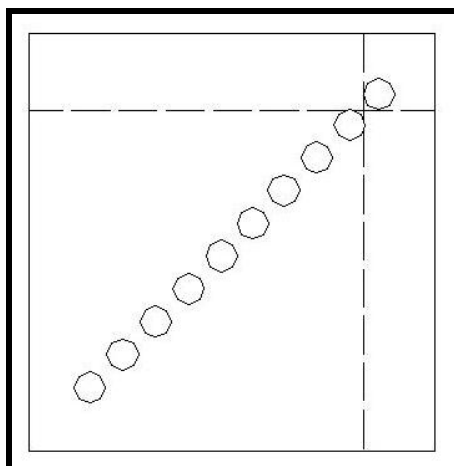
4.3.5.1 Princip zkoušky

Měří se rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo danou plochou plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu [17].

Tloušťka nití se měřila pomocí snímků z makroskopu a obrazové analýzy. Měřily se kolmé vzdálenosti okrajů osnovních a útkových nití v tkanině.

4.3.5.2 Příprava vzorků

Pro zkoušku prodyšnosti, i pro měření tloušťky nití, byly použity stejné vzorky. Vzorky byly kruhového průřezu, jejichž průměr byl 10 cm vzorky byly odebrány z plošné textilie tak, aby se v nich neopakovali osnovní ani útkové nitě a aby byla zajištěna reprezentativnost textilie viz obrázek. 42



Obrázek 42 Odběr vzorků pro měření prodyšnosti

4.3.5.3 Průběh zkoušky

Pro měření prodyšnosti byla zvolena zkušební plocha 20 cm^2 . Test byl proveden ve zkušební laboratoři KHT na přístroji Textest FX 3300 Air Permeability Tester III.

Pro test bylo odebráno 10 vzorků. Vzorky byly předklimatizovány podle normy ČSN EN ISO 20139 (800056) Textile- Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

Tlakový spád byl stanoven dle normy prozkoušení technických textilií [17] na 200 Pa. Výsledky byly naměřeny v $[\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hod}]$.

Tloušťka osnovních a útkových nití byla měřena v laboratoři KTT. Vzorky byly nasnímány pomocí kamery 3.2 (4x zvětšení) do počítače. Pomocí obrazové analýzy. Obrazovka byla kalibrována a bylo naměřeno vždy 50 hodnot osnovní a útkové nitě od každé tkaniny.

4.3.5.4 Zpracování výsledků

Prodyšnost tkanin bude vyhodnocena dvěma principiálně odlišnými způsoby. Jednak podle velikosti pórů tkaniny a jednak podle požadované prodyšnosti tkanin pro známé velikosti sil. Pro všechna naměřená data byla zpracována popisná statistika. Pro první způsob stanovení dostatečnosti prodyšnosti bude plocha pórů v zástěře síla určená vztahem (56) porovnána s plochou plnicí trubice s průměrem 10 cm určenou podle vztahu (3). Pro druhý způsob budou naměřené průměrné hodnoty objemu vzduchu, který textilií projde $[\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hod}]$ porovnány s hodnotami potřebné prodyšnosti

určenými ze vztahu (59) pro předem specifikované velikosti sil odpovídající zkoušeným tkaninám. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou vzájemně porovnány a diskutovány.

1. Definice prodyšnosti podle plochy pórů

Tabulka 18 Popisná statistika pro tloušťku nití

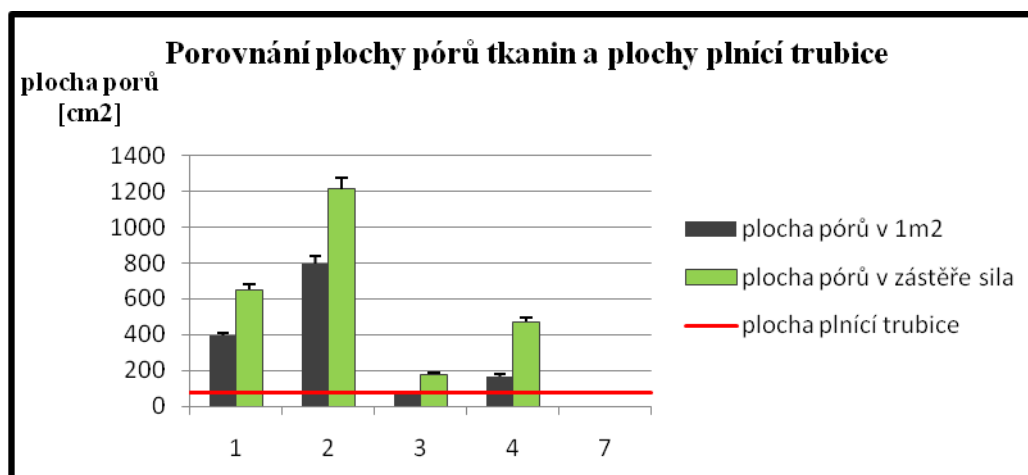
		jemnost [tex]	průměr [μm]	rozptyl [μm]	směrodatná odchylka [μm]	variační koeficient [%]	interval spolehlivosti [μm]	
1	osnova	47	461,1	841,5	29,0	6,3	471,5	450,6
	útek	47	402,0	678,6	26,1	6,5	411,6	392,5
2	osnova	47	463,5	1122,6	33,5	7,2	474,8	452,1
	útek	94	615,2	1439,9	37,9	6,2	628,9	601,6
3	osnova	70	578,6	372,9	19,3	3,3	585,0	572,1
	útek	70	560,3	608,1	24,7	4,4	568,5	552,1
4	osnova	94	554,2	1075,1	32,8	5,9	566,1	542,4
	útek	94	568,1	1830,7	42,8	7,5	584,0	552,1
7	osnova	188	844,6	3090,2	55,6	6,6	866,6	822,6
	útek	188	812,2	2060,0	45,4	5,6	831,0	793,5

Tabulka 19 Prodyšnost podle zakrytí tkaniny

č. tkaniny	1	2	3	4	7
zakrytí tkaniny [-]	0,96	0,92	0,99	0,98	1,01
plocha pórů v 1m ² tkaniny [-] ^{*1}	0,039	0,079	0,0076	0,017	-
plocha pórů v 1m ² tkaniny [cm ²]	392,55	797,70	76,90	167,48	-
plocha zástěry síla [m ²] ^{*2}	1,66	1,52	2,30	2,82	-
plocha pórů v zástěře síla [cm ²] ^{*3}	651,63	1212,50	176,87	472,29	-

^{*1} podle vztahu (50), ^{*2} podle vztahu (51), ^{*3} podle vztahu (56)

Plocha plnicí trubice činí 78,5 cm².



Obrázek 43 Porovnání plochy pórů a plnicí trubice

Diskuze

Při porovnání plochy pórů v tkanině s plochou plnicí trubice, viz. obrázek. 43, je vidět, že při přepočtu plochy pórů na celou plochu zástěry, je prodyšnost tkanin 1,2,3 a 4 dostatečná. Tkaninu 1 a 2 lze považovat za bezpečné. Vhodnost využití tkaniny 3 by bylo třeba zvážit.

Zakrytí pro tkaninu č. 7 je větší než 1. Nebylo tedy možné určit plochu pórů. Tento způsob určování dostatečné prodyšnosti pro tkaniny není vhodný pro tkaninu č. 7. Byla tedy použita další metoda pro zjišťování optimální prodyšnosti tkanin pro textilní síla.

2. Definice podle požadované prodyšnosti

Toto hodnocení vychází ze znalosti hodnot v síle. Plnicí zařízení má výkon $800 \text{ m}^3/\text{hod}$ a tlakový spád $80\,000 \text{ Pa}$.

Tabulka 20 Popisná statistika pro prodyšnost tkanin

	medián [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$]	průměr [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$]	rozptyl [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$]	směrodatná odchylka [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$]	var. koef. [%]	interval spolehlivosti [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hod}$]	
1	240,5	234	516,73	22,73	9,71	248,44	219,56
2	417	414,6	524,27	22,90	5,52	429,12	400,04
3	111	118,4	461,07	21,47	18,13	132,08	104,80
4	425	425,3	118,93	10,91	2,56	432,18	418,32
7	209,5	211,5	99,36	9,97	4,71	217,83	205,17

Tabulka 21 Požadovaná prodyšnost tkaniny

č. tkaniny	1	2	3	4	7
typ síla	E	D	C	B	A
šíře boční strany a [m] ^{*1}	1,7	1,5	2,3	2,8	3,1
plocha zástěry [m ²] ^{*2}	2,8	2,4	5,4	8,0	9,4
Q dmyhadla [Pa]	80000	80000	80000	80000	80000
tlakový spád na 1m^2 tkaniny [Pa] ^{*3} vztah (66)	28216,01	33463,37	14903,91	9963,73	8529,80
Q dmyhadla [m ³ .hod]	800	800	800	800	800
požadovaná prodyšnost tkaniny [m ³ /m ² .hod] ^{*4} vztah (67)	282,16	334,63	149,04	99,64	85,30

^{*1} podle vztahu (68), ^{*2} podle vztahu (51), ^{*3} podle vztahu (57), ^{*4} podle vztahu (57)

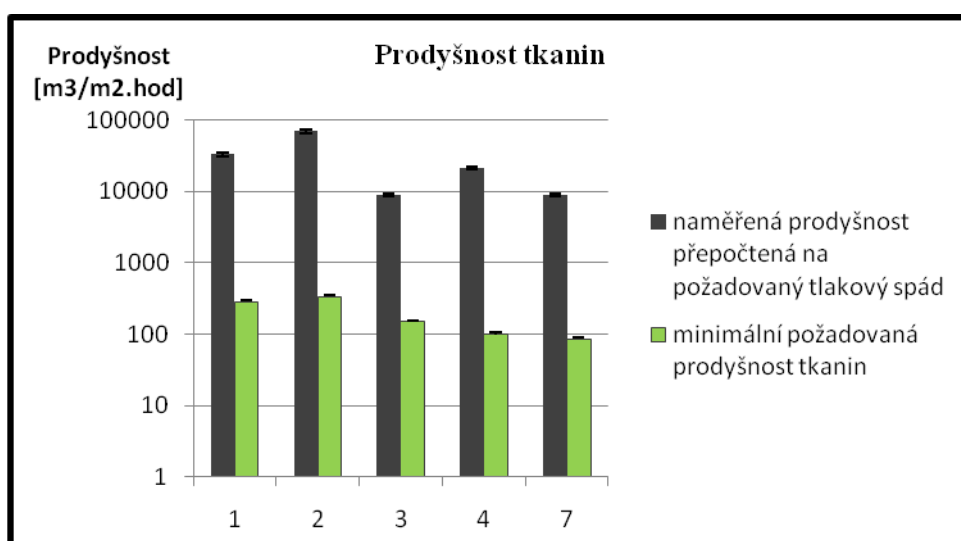
Ze vztahu (66) byl určen tlakový spád vznikající na 1 m^2 zástěry síla a ze vztahu (67) byla definována minimální požadovaná prodyšnost tkaniny.

Tabulka 22 Prodyšnost tkaniny podle tlakového spádu v síle

č. tkaniny	1	2	3	4	7
označení síla	E	D	C	B	A
tlakový spád na 1m ² tkaniny [Pa]	28216,01	33463,37	14903,91	9963,73	8529,80
naměřená prodyšnost při 200 Pa [m3/m2.hod]	234	414,58	118,44	425,25	211,5
přepočtená prodyšnost [m3/m2.hod]	33012,7	69366,2	8826,1	21185,4	9020,27

Prodyšnost byla přepočtena na tlakový spád vznikající v síle podle vztahu (68).

Obrázek 44. Porovnání prodyšnosti tkanin ukazuje, že je prodyšnost tkanin dostatečná. Pro zobrazení muselo být zvoleno logaritmické měřítko.



Obrázek 44 Porovnání prodyšnosti tkanin

Diskuze

Prodyšnost určená podle tlakového spádu vznikajícího uvnitř síla při plnění a naměřených hodnot je pro vybrané rozměry textilních vaků dostatečná. Prodyšnost tkanin je velkou a ceněnou výhodou textilních vaků.

5. ZÁVĚR

Práce obsahuje soubor požadavků, které jsou kladeny na tkaniny pro textilní sila a vaky. Vlastnosti tkanin, které jsou považovány za nejdůležitější, byly posuzované na základě výsledků měření a teoretických zákonitostí.

Samostatným a podstatným přínosem práce je posouzení využití teoretických vztahů pro tkaniny všeobecně. Z experimentů plynou závěry nejen pro vybrané zkoušené tkaniny, ale i všeobecně pro použití jakýchkoliv tkanin v problematice velkoobjemových vaků.

Pevnost tkanin byla z hlediska praktického využití posuzována pro předem známé objemy a nosnosti sil. Suroviny, kterými se vaky plní mají však různou objemovou hmotnost. Je tak zřejmé, že je vhodné, využití vaků znát předem, aby mohly být vhodně přizpůsobeny a správně navrženy. Například pro hnojiva, nebo kukuřičné šroty, bude třeba hledat tkaniny s větší pevností.

Experiment pro setkání byl zařazen z důvodu využití hodnot setkání pro určení tažnosti tkanin. Byla použita nová metoda výpočtu setkání. Tato metoda se potvrdila jako správná.

Tažnost je jednou z nejdůležitějších vlastností pro textilní vaky. Při projektování textilních vaků a zejména textilních sil je nutné znát protažení tkanin při předpokládaném zatížení. Z experimentu vyplývá, že některé vybrané tkaniny dosahují protažení, které by ve ztížených podmínkách použití mohly být problematické. Existují však i situace, kdy je větší tažnost žádoucí. Je zřejmé, že s větší tažností tkaniny, bude dosaženo také větší pružnosti a tedy rozkmitání vaku při plnění. Toho je možné využít při skladování lepivých materiálů jako jsou mouky a šroty, které mají tendenci se zhutnit. Takové materiály se nesnadno vyskladňují, protože se po usazení nespou. Pružností vaku dochází k pohybu stěn a k uvolňování suroviny. Je však nutné přizpůsobit napojení dalších technologií a konstrukci, na kterou se textilní vak věší.

Pevnost tkanin při průtlaku je důležitá z hlediska tlaku suroviny do stran vaku. Vzhledem k množství suroviny uvnitř vaku a tvaru zrn, mohou vznikat velké síly vyvíjené na tkaninu. Je třeba vědět, co ovlivňuje pevnost tkaniny při průtlaku, aby mohla být pro určitou surovinu a objem vaku vybraná ta vhodná. Z experimentu a teoretického vztahu vyplývá, že pro ostrá a jemná zrna, jsou vhodnější hustší vazby tkanin se stejnou (nebo podobnou) pevností osnovy a útku. Pro šroty, mouky a

granuláty bez ostrých hran je možné volit i tkaniny s volnější vazbou a větší pevností po osnově.

Vyhodnocení tažnosti tkanin při průtlaku bylo složité z hlediska nedostatečného laboratorního zařízení. Tkaniny v čelistech prokluzovaly a tím se hodnoty jejich tažnosti znehodnocovaly. Ze závěrů z podařených zkoušek vyplývá, že tažnost tkanin zůstává stejná při průtlaku jako při tahu v jednom směru. Tažnost tkanin při průtlaku ovlivňuje tvar vaku po naplnění. Lze ho ale usměrňovat speciálním provedením nosné konstrukce.

Prodyšnost tkanin se podle provedených experimentů a vyhodnocení ukázala být naprosto dostačující. I s touto vlastností je však možné zdokonalovat funkčnost vaků. Například pro zrniny, které napadají plísně a škůdci a je potřeba, aby byly neustále provzdušňovány, jsou vhodné prodyšnější tkaniny, které zajistí trvalý přístup vzduchu. Materiály, pro které je potřeba zajistit aby nevysychaly, jako například hnojiva, je lépe skladovat v méně prodyšných tkaninách.

Problematika velkoobjemových vaků a zejména potom textilních sil s velkými kapacitami, je velice složitá a vyžaduje řadu zkušeností jak z textilního, tak ze zemědělského oboru. Tato práce nastiňuje způsob hledání vhodného typu vaku podle skladovaných surovin, skladovacích prostorů a požadavků investora.

POUŽITÁ LITERATURA

1. **Lanex, vaky a flexitanky.** Lanex, vaky a flexitanky [online]. [Online] [Citace: 10. 11 2010.] Dostupné na internetu <http://www.lanex.cz/vaky-a-flexitanky>.
2. **Juta, program zemědělství [online].** www.juta.cz. [Online] [Citace: 08. 11 2010.] dostupné na internetu <http://www.juta.cz/pytle.htm>.
3. **Getreidetechnik, Gruber.** *Nettopreisliste 2010/2011*. Gaspoltshofen : Gruber, 2010.
4. **Neuero.** *Netto-Preisliste 2008*. Melle : autor neznámý, 2008.
5. **Směrnice.** č. 46/1978 Sb., *Hygienické předpisy o hygienických požadavcích na pracovní prostředí*. 1978.
6. **nařízení, vlády.** 406/2004 Sb., Bližší požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu. 2004.
7. **Směrnice.** 99/92/EC, Minimální požadavky na zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených prostředí s nebezpečím výbuchu. 2004.
8. **ZELOVÁ, K.** *Spojovací proces [online]*. Liberec : dostupné na internetu http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/LS_kombinace%20predasek_sojovaci%20proces.pdf, [cit. 2011-01-24].
9. **KRAUSE, W.** Krause silo katalog. Walheim : autor neznámý, 2011.
10. **KOVÁŘ, R.** *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. místo neznámé : Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-675-8.
11. **KOVAČIČ, V.** *Textilní zkušebnictví I*.
12. **ČSN EN ISO, 5084:.** *Textilie- zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků*.
13. **KOVAČIČ, V.** *Textilní zkušebnictví II*.
14. **ČSN EN ISO, 13934-1:.** *Textilie- tahové vlastnosti plošných textilií- Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody strip*.
15. **Neckář, B.** Vyvíjený model pro určení hodnoty setkání. Liberec : autor neznámý, 2010.
16. **DELVENTHAL K.M., KISSNER A, KULICK M.** *Kompendium matematiky*. Praha : Euromedia Group k. s., 2004. ISBN 80-242-1227-7.
17. **ČSN EN ISO, 9237 (800817):.** *Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*.
18. **KAŠPAREC.** *Mělnická zeleň, Konzultace parametrů pneumatických dopravníků*. 28. 1 2011.
19. **LEINVEBER J, VÁVRA P.** *Strojnické tabulky, třetí doplněné vydání*. Úvaly : Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
20. **NECKÁŘ, B.** *Vlákna a vlákenné útvary 2*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 1998.

21. CIRFS. [Online] [Citace: 12. 12 2010.]
<http://www.cirfs.org/ManmadeFibres/Fibrerange/Polyamide.aspx>.
22. **Polyamidová, vlákna.** Wikipedie- otevřená encyklopedie [online]. [Online]
[Citace: 23. 12 2010.]
http://cs.wikipedia.org/wiki/Polyamidov%C3%A1_vl%C3%A1kna.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Přehled využití velkoobjemových vaků	15
Obrázek 2 Ukázka skladování pomocí big bagů	17
Obrázek 3 Možnosti provedení násypné části	18
Obrázek 4 Provedení těla vaku- kruhový vak.....	18
Obrázek 5 Provedení těla vaku- L- vak	18
Obrázek 6 Provedení těla vaku- U- vak.....	19
Obrázek 7 Provedení těla vaku - Q- vak.....	19
Obrázek 8 Možnosti provedení dna	19
Obrázek 9 Možnosti provedení manipulačních popruhů	19
Obrázek 10 Manipulace s vaky.....	20
Obrázek 11 Big bag na dřevěné paletě	20
Obrázek 12 Bezpaletový big bag	21
Obrázek 13 Textilní síla.....	22
Obrázek 14 Schéma textilního síla	23
Obrázek 15 Jehla se zaobleným hrotem	24
Obrázek 16 Přeplátovaný šev	
Obrázek 17 Dvounitný vázaný steh	25
Obrázek 18 Typy textilních sil.....	25
Obrázek 19 Deformace průřezu nitě	28
Obrázek 20 Síla F v niti v závislosti na poměrném prodloužení v čelistech ε_h	32
Obrázek 21 Průběh zkoušky tažnosti nití	33
Obrázek 22 Příklad průměrné tahové křivky rovné a setkané nitě tkaniny později označené č. 4.....	35
Obrázek 23 Příklad hledání prodloužení tkaniny pro silo s požadovanou pevností 512 N	38
Obrázek 24 Nit ve vazném prvku, napínání ve směru osnovy	38
Obrázek 25 Schéma průtlaku textilie kuličkou	40
Obrázek 26 Modelové uspořádání průtlaku textilie kuličkou.....	41
Obrázek 27 Schéma zástěry proti prachu	45
Obrázek 28 Zjišťování maximálních rozměrů textilního síla v hale	50
Obrázek 29 Volba tkaniny pro typ síla A	54
Obrázek 30 Volba tkaniny pro typ síla B	54
Obrázek 31 Volba tkaniny pro typ síla C	55
Obrázek 32 Volba tkaniny pro typ síla D	55
Obrázek 33 Volba tkaniny pro typ síla E.....	56
Obrázek 34 Odběr vzorků pro tahovou zkoušku tkanin	58

Obrázek 35 Graf pevnosti tkaniny	60
Obrázek 36 Příklad grafů průměrných a interpolovaných tahových křivek	63
Obrázek 37 Setkání nití ve tkanině	64
Obrázek 38 Graf tažnosti tkanin	66
Obrázek 39 Odběr vzorků pro zkoušku protlakem	68
Obrázek 40 Graf pevnosti tkaniny při průtlaku	70
Obrázek 41 Tažnost tkaniny při průtlaku	72
Obrázek 42 Odběr vzorků pro měření prodyšnosti	74
Obrázek 43 Porovnání plochy pórů a plnicí trubice	75
Obrázek 44 Porovnání prodyšnosti tkanin	77

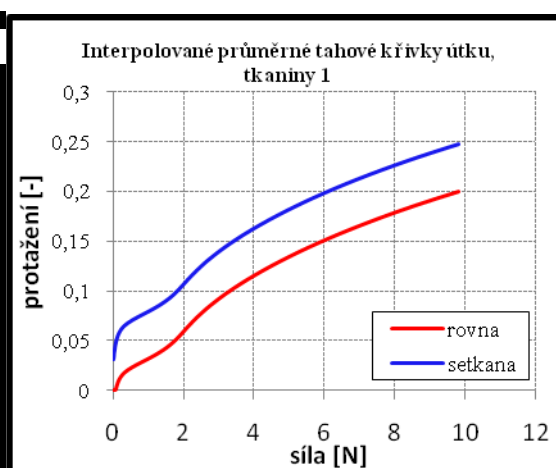
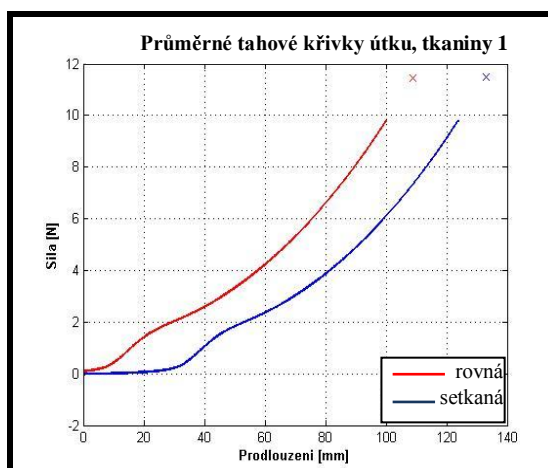
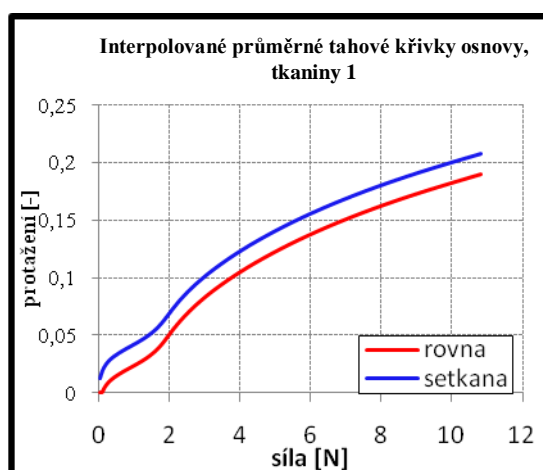
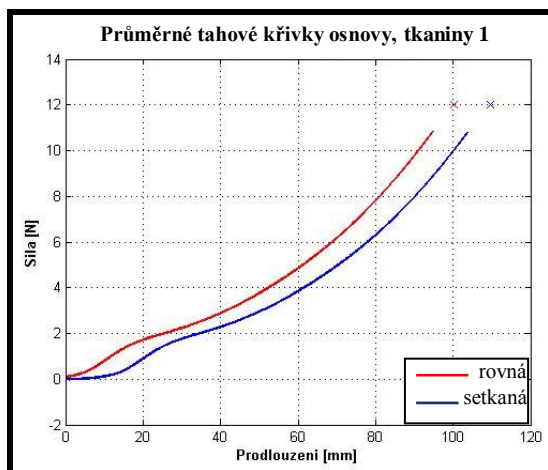
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vlastnosti PA vláken	48
Tabulka 2 Parametry vybraných textilních sil	52
Tabulka 3 Vybrané tkaniny pro experimentální část	53
Tabulka 4 Volba tkanin pro zvolené typy sil	56
Tabulka 5 Počet nití v 1,5 cm šíře vzorku	57
Tabulka 6 Popisná statistika pro pevnost nití	59
Tabulka 7 Popisná statistika pro pevnost tkanin	59
Tabulka 8 Pevnost tkaniny	60
Tabulka 9 Popisná statistika pro tažnost rovných nití	62
Tabulka 10 Popisná statistika pro tažnost setkaných nití	63
Tabulka 11 Setkání nití v tkanině	63
Tabulka 12 Popisná statistika pro tažnost tkanin	65
Tabulka 13 Vyhodnocení tažnosti tkanin	66
Tabulka 14 Popisná statistika pro pevnost tkaniny při průtlaku	69
Tabulka 15 Pevnost tkaniny při průtlaku	70
Tabulka 16 Popisná statistika pro tažnost tkanin při průtlaku	71
Tabulka 17 Tažnost tkaniny při průtlaku	71
Tabulka 18 Popisná statistika pro tloušťku nití	75
Tabulka 19 Prodyšnost podle zakrytí tkaniny	75
Tabulka 20 Popisná statistika pro prodyšnost tkanin	76
Tabulka 21 Požadovaná prodyšnost tkaniny	76
Tabulka 22 Prodyšnost tkaniny podle tlakového spádu v síle	77

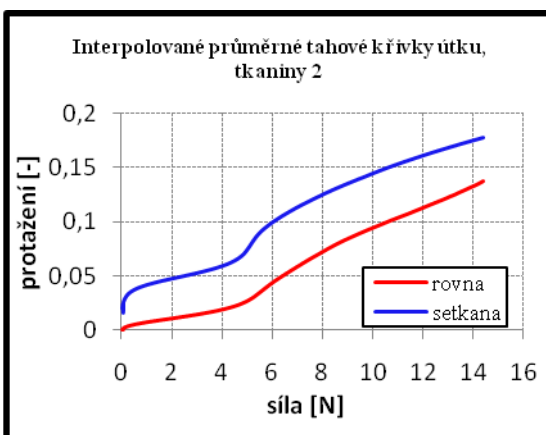
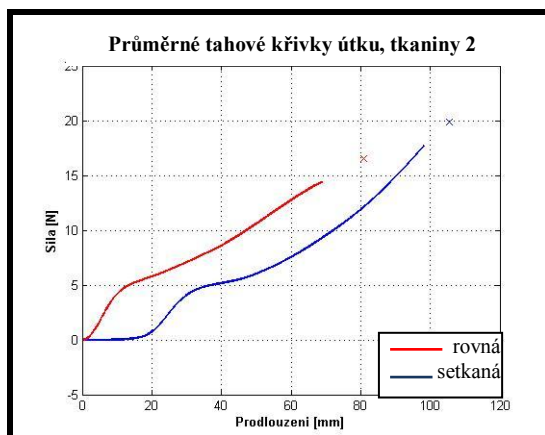
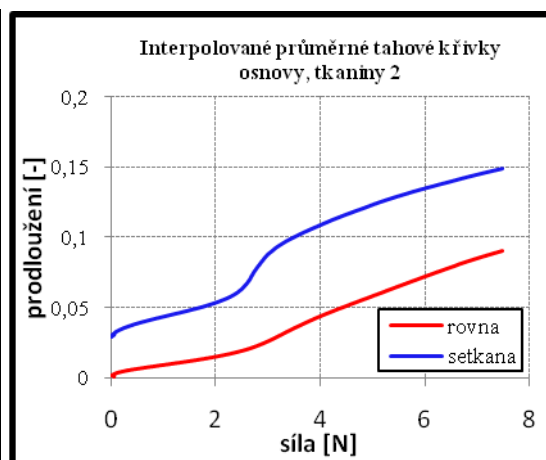
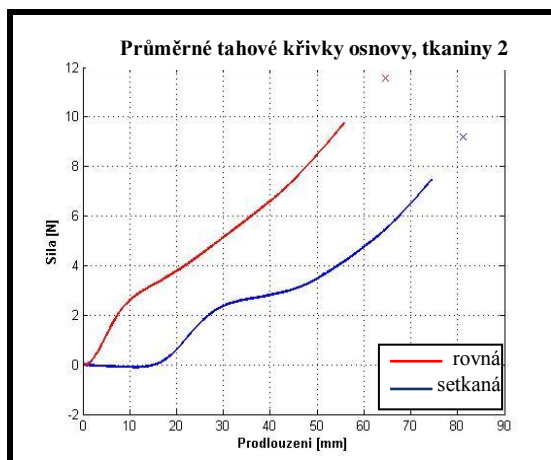
Příloha 1

Grafy setkání tkanin

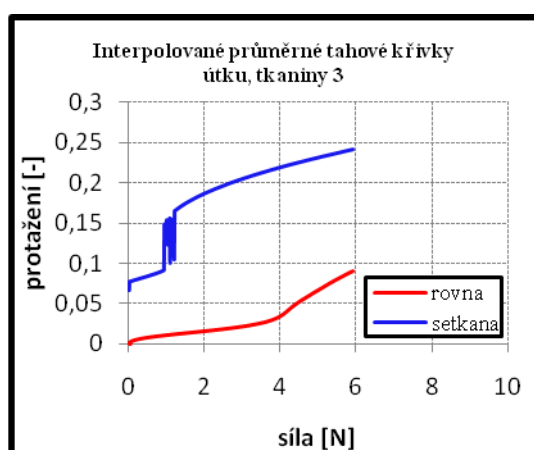
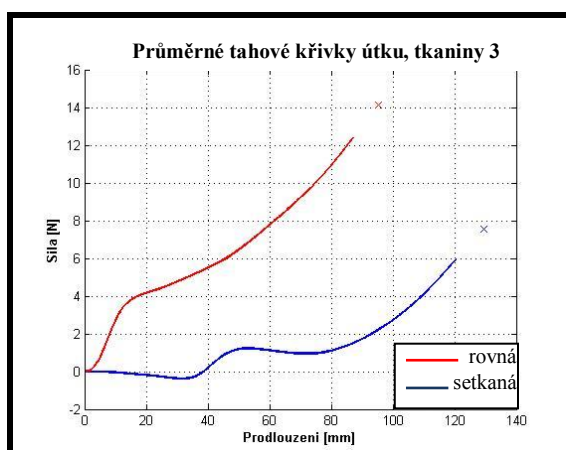
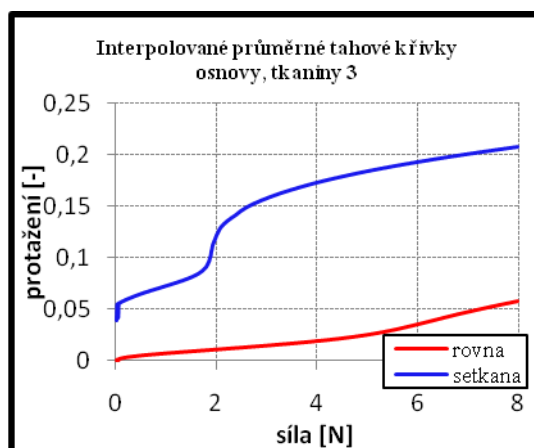
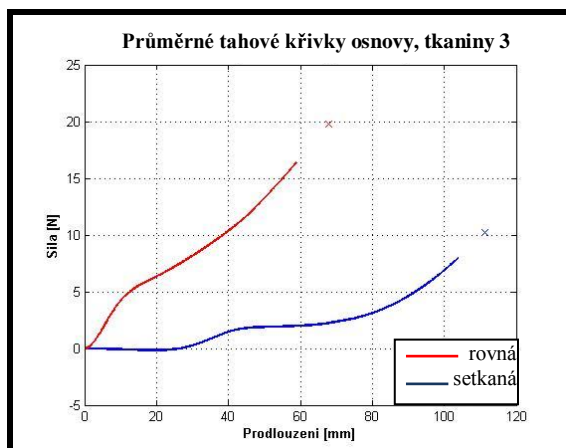
Tkanina 1



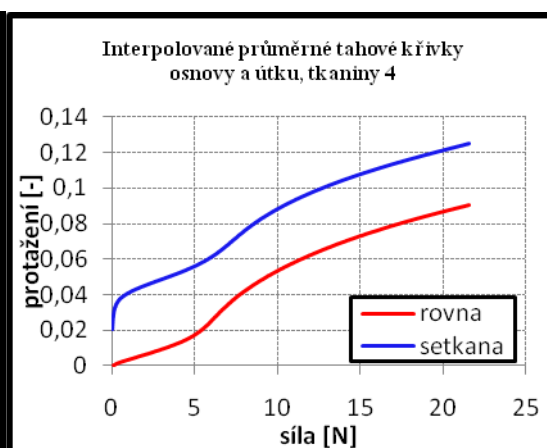
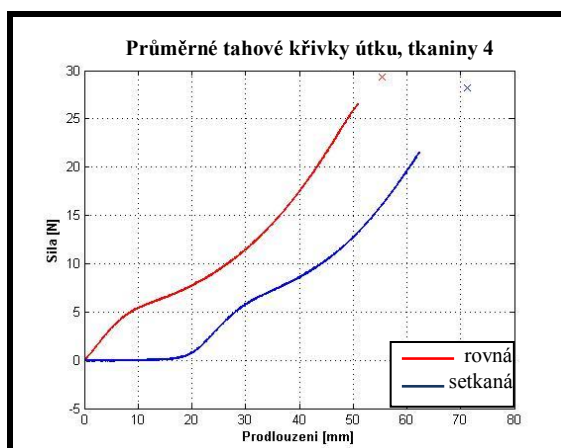
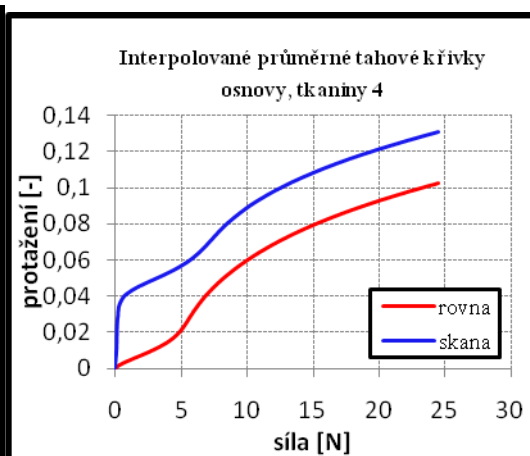
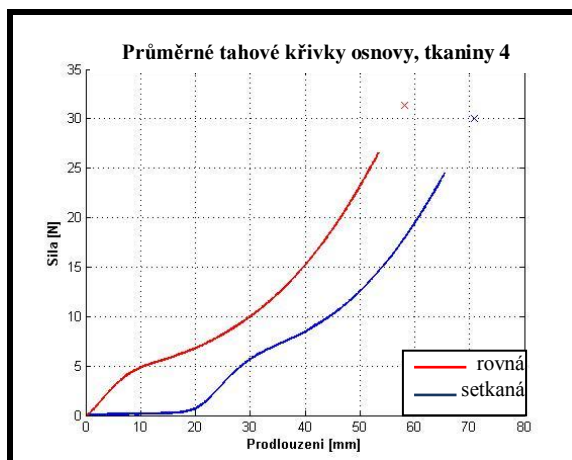
Tkanina 2



Tkanina 3



Tkanina 4



Tkanina 7

